NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06275293 0

Digitized by Google

PAA
Annalen
der

ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND XXI.

Digitized by Google

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

ASTOR LIBRARY
NEW-YORK.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

EINUNDZWANZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE SIEBENUNDNEUNZIGSTER.

NEBST SECHS KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1831.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

Digitized by Google

Inhalt

des Bandes XXI der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Seite

I. Ueber einen neuen Apparat zur Analyse organischer Körper und über die Zusammensetzung einiger organischen Substanzen; von Justus Liebig. 1

Beschreibung des Apparats, S. 5. — Zerlegung des Morphins, S. 16. — Des Strychnins, S. 21. — Des Brucins, S. 22. — Des Cinchonins, S. 23. — Des Chinins, S. 24. — Des Narcotins, S. 29. — Des Columbins, S. 30. — Der Roccelsäure, S. 31. — Des Pseuderythrins, S. 32. — Der Caincasäure, S. 33. — Der Allantoissäure, S. 34. — Der Chinasäure, S. 35. — Des neutralen schwefelsauren Kohlenwasserstoffs, S. 40.

II. Ueber das Vanadin, ein neues Metall, gefunden im Stabeisen von Eckersholm, einer Eisenhütte, die ihr Erz von Taberg im Småland bezieht; von N. G. Sefström. . . 43

III. Ueber die chemische Zusammensetzung des Vesuvians von G. Magnus. 50

IV. Ueber die an Krystallen möglicherweise vorkommenden einfachen tessularischen oder regulären Gestalten; von August von Strombeck. 59

V. Notiz über den Wörthit, eine neue Mineralspecies; von H. Heſs. 73

Digitized by Google

Seite

VI. Versuche zur Bestimmung des absoluten Gewichts des Wassers, der Temperatur seiner gröſsten Dichtigkeit und der Ausdehnung desselben; von S. Stampfer. 75

VII. Ueber die Gestalt der isogonischen, isoklinischen und isodynamischen Linien im Jahre 1829, und die Anwendbarkeit dieser eingebildeten Curven auf die Theorie des Erdmagnetismus; von G. A. Erman. 119

VIII. Ueber die gegenwärtige Lage des magnetischen Aequators. Aus einem Schreiben des Hrn. L. J. Duperrey an Hrn. A. von Humboldt. 151

IX. Ueber die magnetische Intensität in Italien; von Hrn. Quetelet. 153

X. Ueber die Umwandlung des Arragonits in Kalkspath. . . 157

XI. Darstellung des metallischen Titans; von J. Liebig. . . 159

XII. Ueber Stickstoffoxydsalze; von N. W. Fischer. . . . 160

XIII. Nachträgliche Bemerkungen über die Natur des Leidenfrost'schen Versuchs von Demselben. 163

XIV. Von der Ueberchlorsäure; von Sérullas. 164

XV. Ueber die Vermischung des Weizenmehls mit andern Mehlarten; von Rodriguez. 168

XVI Ueber die mit der Tiefe zunehmende Temperatur der Grubenwässer in Cornwall. Auszug eines Schreibens von Hrn. R. W. Fox an Hrn. A. von Humboldt. 171

XVII. Ueber das Harz des Copaivabalsam; von G. Schweitzer 172

XVIII. Preisfrage der Fürstl. Jablonowski'schen Gesellschaft in Leipzig. 174

Zweites Stück.

I. Ueber Moussons und Passat; von H. W. Dove. 177

II. Verzeichniſs von Erdbeben, vulcanischen Ausbrüchen und merkwürdigen meteorischen Erscheinungen seit dem Jahre 1821; von K. E. A. von Hoff (Sechste Abtheilung) . . 202

III. Ueber die Erscheinungen und Gesetze der elliptischen Polarisation bei Einwirkung der Metalle auf das Licht; von D. Brewster. 219

Digitized by Google

Seite

IV. Auszug aus einer Abhandlung über die eigenthümliche Doppelbrechung, welche der Bergkrystall parallel seiner Axe darbietet; von A. Fresnel. 276

V. Ueber die Polarisationswinkel am Kalkspath; von August Seebeck. 290

VI. Bemerkungen über die vorgebliche Polarisation der Wärme von Baden Powell. 311

VII. Ueber die von Hrn. Dr. Erman jun. gemachten Bemerkungen hinsichtlich der Ursache des mehrmaligen Stillstehens eines Thermometers in flüssigen, bis zum Erstarren erkaltenden Metalllegirungen. Aus einem Schreiben des Hrn. Prof. Rudberg an den Herausgeber. 317

VIII. Ueber die mathematischen Ausdrücke für die mittlere Wärme der Luft und die magnetische Intensität. Aus einem Schreiben des Hrn. Brewster an Hrn. A. v. Humboldt. 323

IX. Ueber die Bestimmung der Skale des Thermometers der Accademia del Cimento; von G. Libri. 325

X. Ueber die Vulcane von Japan, von J. Klaproth. . . . 331

XI. Ueber die Entdeckung urweltlicher Excremente. . . . 336

XII. Noch Einiges über die artesischen Brunnen. 352

XIII. Ueber die Darstellung von metallischem Chrom; von Justus Liebig. 359

Drittes Stück.

I. Fragmentarische Bemerkungen über die Veränderungen des Erdmagnetismus, besonders seiner täglichen regelmäſsigen Veränderungen; von C. Hansteen. 361

II. Ueber die Verbindungen des Chlors mit dem Schwefel, dem Selen, und dem Tellur; von Heinrich Rose. . . 431

III. Bemerkungen über die Benutzung des schwefelsauren Kupferoxyds und anderer salzartigen Verbindungen beim Brotbacken; von Kuhlmann. 447

IV. Ueber den Wassergehalt des schwefelsauren Strychnins und Brucins; von Justus Liebig. 487

Digitized by Google

Seite

V. Thatsachen zur Geschichte des Berlinerblau's; von Gay-Lussac. 490

VI. Bemerkungen über das Chlorcyan; von Serullas. . . . 495

Viertes Stück.

I. Von der Wirkung zwischen Platinchlorid und Alkohol, und von den dabei entstehenden neuen Substanzen: von W. C. Zeise. 497

II. Gekohlenwasserstofftes Chlorplatin-Ammoniak; von W. C. Zeise. 542

III. Ueber die sogenannten Getreide- und Schwefel-Regen; von H. R. Göppert. 550

IV. Vermischte chemische Bemerkungen; von J. Liebig und F. Wöhler. 578

1. Titaneisen, S. 578. — 2. Basisch chromsaures Bleioxyd, S. 580. — 3. Kupferoxydul, S. 581. — 4. Eisenoxydul, S. 582. — 5. Manganoxydul, S. 584. — 6. Nickel, S. 584.

V. Ueber die Oxalsäure; von Gay-Lussac. 586

VI. Ueber die Scheidung von Antimon und Zinn; von Gay-Lussac. 589

VII. Beschreibung des Pelokonits; von G. F. Richter. . . 590

VIII. Analyse eines neuen Minerals, gefunden in dem Paramo-Rico bei Pamplona; von J. B. Boussingault. 591

IX. Ueber das Tellur-Wismuth von Schemnitz. 595

X. Ueber die chemische Zusammensetzung des Brewsterits; von Arthur Connel. 600

XI. Ueber den Guano. 604

XII. Ueber eine Merkwürdigkeit in der Structur des Glauberits; von D. Brewster. 607

XIII. Sammlung einiger chemischen Tafeln. 609

Digitized by Google

ANNALEN
DER PHYSIK UND CHEMIE.

JAHRGANG 1831, ERSTES STÜCK.

I. *Ueber einen neuen Apparat zur Analyse organischer Körper, und über die Zusammensetzung einiger organischen Substanzen;* *von Justus Liebig.*

In der Absicht, die allgemeinen Beziehungen auszumitteln, in welchen die Zusammensetzung der vegetabilischen Salzbasen mit ihrer Eigenschaft steht, die Säuren zu neutralisiren und damit Salze zu bilden, sah ich mich, bei ihrer Analyse auf die gewöhnliche Weise, durch ganz ungewöhnliche Schwierigkeiten aufgehalten.

Die geringe Menge der organischen Substanz, die man der Analyse zu unterwerfen gewohnt ist, macht eine genaue Bestimmung des Kohlen- und Stickstoffs, bei Körpern, die ein so groſses Atomgewicht wie die vegetabilischen Salzbasen besitzen, ganz unmöglich; denn bei anderen, und hauptsächlich bei stickstofffreien Körpern, macht ein Unterschied von 1 Procent in dem Kohlenstoffgehalte, bei Bestimmung der Atomzahlen des Kohlenstoffs, welche in die Zusammensetzung der Substanz eingehen, so gut wie keinen Fehler.

Ich habe gesucht durch Anwendung einer groſsen Menge der zu zerlegenden Substanz diesen Fehler mög-

Digitized by Google

lichst klein zu machen, und habe dazu einen Apparat angewendet, bei welchem die durch die Verbrennung gebildete Kohlensäure sogleich und ohne den geringsten Verlust aufgefangen und gewogen werden kann.

Was den Stickstoffgehalt der vegetabilischen Salzbasen betrifft, so habe ich schon in einer Anmerkung zur Analyse der Hippursäure die Ueberzeugung ausgesprochen, daſs es beinahe unmöglich ist, auf die gewöhnliche Weise auch nur annähernde Resultate zu erhalten.

Hr. Dumas hat es der Mühe werth gehalten, diese Bemerkung, bei Gelegenheit seiner Abhandlung über das Oxamid, zu berichtigen; er hat angeführt, daſs der Fehler, den ich in der Bestimmung des relativen Verhältnisses des Stickstoffs und der Kohlensäure berührt habe, darin seine Erklärung finde, daſs sich bei der Verbrennung einer stickstoffhaltigen Substanz der Stickstoff und die Kohlensäure nicht immer in dem Verhältniſs entbinden, in welchem sie in der Substanz enthalten sind; er hat als Beispiel das Oxamid angeführt, bei dessen Verbrennung er zuweilen Gasgemenge erhielt, die 300 Kohlensäure auf 100 Stickstoff enthielten, obwohl dasselbe diese beiden Substanzen in dem Verhältniſs 2:1 enthält. Hr. Dumas hat deshalb den Rath ertheilt, alles bei der Verbrennung erzeugte Gas aufzufangen und der Behandlung mit Kali zu unterwerfen, indem man sonst des wahren Verhältnisses der Kohlensäure und des Stickstoffs nie gewiſs seyn könne.

Was nun diesen Rath betrifft, so wird sich Hr. Dumas aus der Untersuchung des Hrn. Dr. Kodweis, über die Zusammensetzung der Harnsäure, welche in meinem Laboratorium angestellt worden ist, überzeugen, daſs diese Vorsichtsmaſsregel bei Stickstoff-Bestimmungen stets gebraucht wurde, ohne daſs ich übrigens jemals die Erfahrung gemacht habe, daſs das Verhältniſs des Stickstoffs zur Kohlensäure in dem Grade wechselt, wie er es bei der Verbrennung des Oxamids bemerkt hat. Um mich

Digitized by Google

von dieser auffallenden Thatsache zu überzeugen, habe ich mich bewogen gefunden einen directen Versuch darüber anzustellen.

Bei der Verbrennung eines wohl effectuirten Gemenges von Oxamid mit Kupferoxyd habe ich in den 5 letzten Röhren stets Stickstoff und Kohlensäure genau in dem Verhältniſs von 1 : 2 erhalten.

Die Erscheinung, daſs das Verhältniſs dieser beiden Substanzen ungleich ist, tritt dann zuweilen ein, wenn man es mit einem Körper zu thun hat, aus welchem sich, bei einem niederern Hitzgrade, als zu seiner Verbrennung nöthig ist, flüchtige Producte entwickeln; und selbst dann kann es vollständig durch vermehrte Masse des Kupferoxyds vermieden werden.

Alles dieses bezieht sich nicht auf den Gegenstand, welchen ich in der erwähnten Anmerkung, die Hr. Dumas berichtigt hat, berührt habe. Ich habe zugegeben, daſs sich bei stickstoffhaltigen Körpern, in welchen der Stickstoff zum Kohlenstoff sich in einem gröſseren Verhältniſs befindet als 1 : 5, diese Bestimmung auf die gewöhnliche Weise mit Genauigkeit gemacht werden kann, daſs aber bei Körpern, welche weniger Stickstoff enthalten, die gewöhnliche Methode, ohne Anwendung der Luftpumpe, nie genaue Resultate giebt; gegen das Letztere läſst sich das Verhalten des Oxamids, in welchem eine so groſse Menge Stickstoff enthalten ist, nicht als Beispiel anführen.

Bei den organischen Basen, welche in den meisten Fällen Stickstoff und Kohlenstoff in dem Verhältniſs = 1 : 20 bis 1 : 50 enthalten, macht die geringste Luftmenge so auffallende Differenzen, daſs, wenn runde Zahlen erhalten werden sollen, die manche Chemiker für richtiger halten als weniger einfache Verhältnisse, sie sich genöthigt sehen, mit der Feder nachzuhelfen. Die HH. Dumas und Pelletier wenden in der Verbrennungsröhre zwei Gemenge an, welche durch zerstoſsenes Glas getrennt sind,

Digitized by Google

so daſs das Eine ohne Erhitzung der andern abgebrannt werden kann. Sie brennen das hintere Gemenge zuerst und alsdann das vordere ab, und untersuchen allein das Gas, welches von dem Letzteren erhalten wurde.

Es ist klar, daſs der gröſste Theil der atmosphärischen Luft durch das Gas, welches sich aus dem hinteren Gemenge entwickelt, entfernt wird, ich sage der gröſste Theil, denn nicht alle Luft wird dadurch vertrieben, weil die, welche in dem lockeren Gemenge des Kupferoxyds mit der organischen Substanz eingeschlossen ist, stets zurückbleibt.

Man mag nun diese Luftmenge noch so klein annehmen, so ist sie immer groſs genug, um ein falsches Resultat herbeizuführen. Ein Beispiel wird dieſs bis zur Evidenz beweisen.

Eine organische Substanz enthalte Stickstoff und Kohlenstoff in dem Verhältniſs =1:40; man würde also durch seine Verbrennung z. B. auf 110 C.C. Kohlensäure 2,75 C.C. Stickstoff erhalten müssen; sind nun dem Letzteren nur 0,2 C.C. Luft beigemischt, so erhält man das Verhältniſs =1:37; im Fall 0,3 C.C. Luft beigemengt sind, das Verhältniſs =1:35, bei 0,4 C.C. Luft 1:33. Diese geringen Luftmengen, welche man Beobachtungsfehlern gleich setzen kann, haben bei Gasgemengen, worin sich der Stickstoff zum Kohlenstoff in dem Verhältniſs, wie 1:5 befindet, nicht den allergeringsten Einfluſs.

Nach einer Reihe von vergeblichen Versuchen habe ich mich genöthigt gesehen, die Bestimmung des Stickstoffs von der des Kohlenstoffs gänzlich zu trennen, das heiſst jeden dieser Körper einzeln und in möglichst groſsen Mengen zu bestimmen.

Ich will zuerst den Apparat beschreiben, den ich zur Bestimmung des Kohlenstoffs benutzt habe, und welcher für jede Analyse eines nicht stickstoffhaltigen Körpers angewendet werden kann; an diesem Apparate ist nichts

Digitized by Google

neu, als seine Einfachheit, und die vollkommene Zuverlässigkeit, welche er gewährt.

Fig. 1. Taf. I. *a* ist die Verbrennungsröhre, welche an dem einen Ende zu einer in die Höhe stehenden Spitze *β* ausgezogen ist; *b* eine Röhre mit geschmolzenem Chlorcalcium, *d* ist ein Apparat mit einer concentrirten Auflösung von Aetzkali zur Absorption der Kohlensäure, *e* eine Röhre mit geschmolzenem Aetzkali. Alle Verbindungen der Röhren sind mit Kautschuckröhrchen bewerkstelligt.

Im Anfange des Versuchs steht das Kali in dem Apparate, worin die Kohlensäure aufgefangen wird, wie es in der Fig. 2. Taf. I. gezeichnet ist; sobald das Gas in die Kugel *a*, Fig. 2. Taf. I. eintritt, steigt die Flüssigkeit in der gegenüberstehenden Kugel bis *e*, Fig. 2. Taf. I., jede einzelne Gasblase begiebt sich zuerst in die Kugel *b*, *c* und *d*, und hat alsdann noch den Widerstand zu überwinden, den die Flüssigkeitssäule in der Kugel *e* ihrem Entweichen entgegensetzt.

Sobald die Verbrennung anfängt, wird der Apparat in die Lage, Fig. 2. Taf. I., durch Unterlegen eines Stückchens Holz gebracht, und zwar so, dafs, sobald eine Gasblase bei *e*, Fig. 2. Taf. I., heraustritt, sie eine gewisse Portion der Flüssigkeit mit in die Kugel nimmt, die aber jedesmal wieder in die horizontale Röhre herabfällt.

Bei der Verbrennung eines nicht stickstoffhaltigen Körpers steigt, sobald alle atmosphärische Luft durch das Kohlensäuregas vertrieben ist, die Flüssigkeit bis in *e*, Fig. 2. Taf. I., und hält sich dort die ganze Dauer des Versuchs über unverändert, indem alles Gas auf's Vollständigste absorbirt wird.

Sobald der Versuch beendigt ist, steigt die Flüssigkeit in die Kugel *a*, Fig. 1. Taf. I., indem die darin enthaltene Kohlensäure von dem Kali absorbirt wird, sie würde nach und nach in die Chlorcalciumröhre und die Verbrennungsröhre steigen. Um aber diefs zu verhindern,

Digitized by Google

Da es ferner möglich war, daſs der Appara[illegible] ſtoffhaltigen Körpern ein weniger genaues Reſu[illegible] indem das ſich entwickelnde Stickſtoffgas die Ab[illegible] [illegible] Portion ihm beigemengte Kohlen[illegible] [illegible] zu verhindern vermöchte, so habe ich [illegible] ſtickſtoffreichſten unter allen Körpern [illegible] vorgenommen.

[illegible] ausgezeichnet reinen und [illegible] [illegible]ſtoffs, lieferten 0,915 Koh[illegible] [illegible] dieſs giebt für 100 Th. Ha[illegible]

[illegible] Kohlenſtoff

[illegible] Waſſerſtoff.

[illegible] nach hätte man 20,[illegible] [illegible] erhalten müſſen.

[illegible] Weiſe verbrennt, [illegible] [illegible] Kohlenſäure und [illegible]

30,56 Kohlenſto[illegible]

2,40 Waſſerſt[illegible]

[illegible] mit dieſer Kohle[illegible] [illegible] quantitative B[illegible] [illegible] man durch die V[illegible] [illegible] organiſchen Kö[illegible] [illegible] eines jeden or[illegible] [illegible] Stickſtoff zum [illegible] [illegible]ältniſs wie 1 : 5 [illegible] [illegible], und beide A[illegible] [illegible]ig.

Wenn man 0,1 Gr[illegible] [illegible] verbrennt, so erh[illegible] [illegible] 75,8 C. C. Gas [illegible] oben angeführt [illegible] entſprechen, [illegible]

re und Stickgas besteht, und seine Zusammensetzung
ich nun leicht berechnen.
f die gewöhnliche Weise verbrennt, liefert 0,1
Cyanursäure 76,5 bis 77 C. C. Gas bei 0° und
dieselbe Quantität liefert aber 0,102 Grm. Koh-
dem Volumen nach 51,4 C. C. kohlensaures
s geht auf eine bestimmte Weise hervor, daſs
lumen der Kohlensäure zu dem Stickstoff wie
Diese Methode ist für die meisten stick-
Körper hinreichend genau; sie ist aber durch-
Bestimmung des Stickstoffs in den organi-
n anwendbar, denn wenn bei dieser der
s Genaueste bestimmt ist, so fallen nach-
welche bei der quantitativen Bestimmung
gemacht werden, so wie die Fehler der
Rechnung des Stickstoffs. Aus der Ana-
ns ergiebt sich z. B., daſs 0,1 Gramm
und 28″ B. im Mittel liefern

Stickgas	3,608 C.C.
n geben 0,260 Grm. Koh-	
dem Volumen nach	131,86 C.C.
zusammen also	135,468 Gas

nung von 0,1 Grm. Mor-

erhalten	132.91	
18″ B.	132,155	Mitt. 132,071
ckgas	131,078	
rloren worden		2,897

ie Kohlensäure von dem Mittel der
en ab, so erhält man Stickgas und
hältniſs = 1 : 190, obgleich das
diese beiden Substanzen dem

ates Fig. 3. Taf. I. glaube ich
n Stickstoff mit gröſserer Ge-
nie-

schneidet man, sobald sie in die Kugel α, Fig. 1. Taf. I., bis zu einer gewissen Höhe gestiegen ist, die Spitze β der Verbrennungsröhre ab, wonach die Flüssigkeit wieder in die horizontale Röhre herabfällt. Um nun die in der Verbrennungsröhre noch zurückbleibende Kohlensäure zu erhalten, zieht man mit dem Munde eine kurze Zeit eine gewisse Portion der Luft ganz langsam durch das Aetzkali hindurch, von welchem die derselben beigemengte Kohlensäure aufgenommen wird, dadurch wird auch alle Feuchtigkeit, die in der Verbrennungsröhre noch sitzen geblieben ist, auf das Chlorcalcium übergetragen.

Ich brauche nicht hinzuzufügen, daſs die Gewichtszunahme der Kali- und Chlorcalciumröhre genau die Menge der Kohlensäure und des Wassers giebt, die sich durch die Verbrennung gebildet haben.

Die Röhre *e* mit Aetzkali, Fig. 1. Taf. I., verbindet man mit dem Apparate *d* nur bei stickstoffhaltigen Körpern; sie dient dazu, um die Feuchtigkeit, welche bei der Entbindung des Stickgases mit fortgenommen wird, und welche eine Gewichtsverminderung zur Folge haben würde, aufzunehmen, und um eine kleine, möglicherweise dem Stickstoff beigemengte Quantität Kohlensäure zurückzuhalten. Ich habe aber nie bemerkt, daſs das Gas auch bei den an Stickstoff reichsten Körpern Kalkwasser trübte, in welches es hineingeleitet wurde.

Ehe man die Verbrennungsröhren mit glühenden Kohlen umlegt, muſs man sich auf das Sorgfältigste versichern, daſs alle Verbindungen der Röhren, so wie der Korkstöpsel in der Verbrennungsröhre luftdicht schlieſsen; zu diesem Zweck zieht man mit dem Munde aus dem zusammen verbundenen Apparate eine gewisse Portion Luft heraus, wodurch die Flüssigkeit, nachdem man die Verbindung mit der Luft wieder hergestellt hat, durch den Druck derselben in die Kugel α bis zu einer gewissen Höhe steigt; bleibt der Standpunkt derselben während

Digitized by Google

einer Viertelstunde nicht ganz unverändert, so hat man entweder den Stöpsel oder die Röhren zu wechseln.

Da dieser Apparat die Verbrennung einer jeden Quantität des organischen Körpers zuläſst, indem man nur die Verbrennungsröhre verhältniſsmäſsig verlängern darf, so *läſst* sich damit ein hoher Grad von Genauigkeit erreichen, doch ist es selten nöthig bei sehr kohlenstoffreichen mehr wie ½ bis 1 Grm., und bei kohlenstoffarmen mehr wie 2 bis 3 Grm. zu nehmen.

Ehe ich mich entschlossen habe, diesen Apparat bei den Analysen, welche ich sogleich beschreiben werde, anzuwenden, habe ich ihn einer strengen Prüfung unterworfen; ich will die Resultate anführen, welche durch Analysen von Körpern, deren Zusammensetzung genau bekannt ist, mit Hülfe dieses Apparates gewonnen worden sind. Ich glaube, daſs dieſs hinreichend ist, um bei andern das nämliche Vertrauen zu erwecken, was er, wie ich glaube, zu verdienen scheint.

Hr. Heſs, einer meiner Eleven, hat auf meine Veranlassung die Analyse der Traubensäure, als seine erste Arbeit dieser Art, damit unternommen, und von 2,76 Grm. bei 100° getrockneter Säure, die bekanntlich noch 10,653 Procent Wasser enthält, durch ihre Verbrennung 3,200 Grammen Kohlensäure und 0,761 Wasser erhalten. Zieht man das in der Säure enthaltene Wasser von dem Gewichte der Säure und von dem durch die Verbrennung erhaltenen Wasser ab, und berechnet alsdann die Analyse, so erhält man in 100 Th. der wasserfreien Säure

36,40 Kohlenstoff
3,25 Wasserstoff
60,35 Sauerstoff.

Bei dieser Analyse ist, wie man sieht, etwas mehr Wasserstoff erhalten worden, als die Säure enthält; allein wenn man erwägt, daſs bei dem Austrocknen keine Luftpumpe angewendet wurde, so wird man keinen Anstand finden, diese Analyse für genau zu halten.

Digitized by Google

Da es ferner möglich war, daſs der Apparat bei stickstoffhaltigen Körpern ein weniger genaues Resultat gäbe, indem das sich entwickelnde Stickstoffgas die Absorption einer kleinen Portion ihm beigemengte Kohlensäure durch das Kali zu verhindern vermöchte, so habe ich eine Analyse des stickstoffreichsten unter allen Körpern, des Harnstoffs, damit vorgenommen.

1,200 Grm. ausgezeichnet reinen und bei 100° getrockneten Harnstoffs, lieferten 0,915 Kohlensäure und 0,720 Wasser, dieſs giebt für 100 Th. Harnstoff:

20,7 Kohlenstoff
6,6 Wasserstoff.

Der Rechnung nach hätte man 20,2 Kohlenstoff und 6,599 Wasserstoff erhalten müssen.

Auf dieselbe Weise verbrennt, lieferten 1,200 Grm. Cyanursäure 1,225 Kohlensäure und 0,260 Wasser. Für 100 Th. mithin:

30,56 Kohlenstoff
2,40 Wasserstoff.

Wenn man mit dieser Kohlenstoff- und Wasserstoff-Bestimmung eine quantitative Bestimmung der Gasmenge verbindet, die man durch die Verbrennung einer kleineren Menge des organischen Körpers erhält, so ist die Zusammensetzung eines jeden organischen Körpers, in welchem sich der Stickstoff zum Kohlenstoff aber wenigstens in dem Verhältniſs wie 1 : 5 befinden muſs, auf's Genaueste ausgemittelt, und beide Analysen controliren sich dabei wechselseitig.

Wenn man 0,1 Grm. reinen Harnstoffs mit Kupferoxyd verbrennt, so erhält man bei 0° und 28″ B. stets 76 bis 75,8 C. C. Gas; 0,1 Grm. Harnstoff lieferte aber, wie oben angeführt ist, 0,0762 Grm. Kohlensäure, und diese entsprechen, dem Volumen nach, 38,08 C. C. Kohlensauren Gases. Daraus geht hervor, daſs das Gasgemenge, welches sich durch die Verbrennung des Harnstoffs entwickelt, genau aus gleichen Raumtheilen Koh-

Digitized by Google

lensäure und Stickgas besteht, und seine Zusammensetzung läſst sich nun leicht berechnen.

Auf die gewöhnliche Weise verbrennt, liefert 0,1 Gramm Cyanursäure 76,5 bis 77 C. C. Gas bei 0° und 28″ B.; dieselbe Quantität liefert aber 0,102 Grm. Kohlensäure, dem Volumen nach 51,4 C. C. kohlensaures Gas; daraus geht auf eine bestimmte Weise hervor, daſs sich das Volumen der Kohlensäure zu dem Stickstoff wie 2:1 verhält. Diese Methode ist für die meisten stickstoffhaltigen Körper hinreichend genau; sie ist aber durchaus nicht zur Bestimmung des Stickstoffs in den organischen Salzbasen anwendbar, denn wenn bei dieser der Kohlenstoff auf's Genaueste bestimmt ist, so fallen nachher alle Fehler, welche bei der quantitativen Bestimmung der Gasmenge gemacht werden, so wie die Fehler der Beobachtung auf Rechnung des Stickstoffs. Aus der Analyse des Morphins ergiebt sich z. B., daſs 0,1 Gramm Morphin bei 0° und 28″ B. im Mittel liefern

Stickgas 3,608 C.C.

0,1 Grm. Morphin geben 0,260 Grm. Kohlensäure oder dem Volumen nach 131,86 C.C.

zusammen also 135,468 Gas

Durch die Verbrennung von 0,1 Grm. Morphin wurden aber erhalten bei 0° und 18″ B. Kohlensäure und Stickgas { 132.91, 132,155, 131,078 } Mitt. 132,071

Es sind mithin verloren worden 2,897 C. C. Gas. Zieht man die Kohlensäure von dem Mittel der letzteren Gasbestimmungen ab, so erhält man Stickgas und Kohlensäure in dem Verhältniſs = 1 : 190, obgleich das Morphium in der That diese beiden Substanzen dem Verhältniſs = 1 : 34.

Mit Hülfe des Apparates Fig. 3. Taf. I. glaube ich dahin gelangt zu seyn, den Stickstoff mit gröſserer Genauigkeit zu bestimmen, als es nach den bekannten Methoden möglich ist. Ich bin aber weit entfernt, die Art

Digitized by Google

der Stickstoff-Bestimmungen für vollkommen zu halten. Ich glaube nur, daſs sie unter den schlechten die am wenigsten schlechte ist. Die Unvollkommenheit, welche ich hiermit bezeichnen will, hat aber ihren Grund nicht in der Construction des Apparates, sondern in der Bildung des Stickstoffoxyds, das sich bei der Verbrennung eines stickstoffhaltigen Körpers mit Kupferoxyd nur mit Schwierigkeit vermeiden läſst, und es ist die Ungewiſsheit, in welcher man über seine Quantität ist, welche das Vertrauen zu dieser Art von Stickstoff-Bestimmungen schwächt; ich will damit nicht sagen, daſs sie falsch sind, sondern nur, daſs sie den Grad der Schärfe nicht besitzen, den man bei Analysen von Körpern, die wenig Stickstoff enthalten, wünschen muſs. Man ist dadurch gezwungen, die Bestimmung des Stickstoffs sehr oft zu wiederholen, was mit einem so zusammengesetzten Apparate höchst ermüdend ist; man darf ferner nicht das Mittel von allen Versuchen nehmen, sondern man muſs unter denjenigen Versuchen wählen, bei welchen ein völlig farbloses Gas erhalten worden ist, und bei denen das Quecksilber unter der Glocke, in welcher das Gas aufgefangen wird, durchaus nicht angegriffen ist, oder mit einer weiſsen Haut sich überzogen hat.

Um die Bildung des Salpetergases zu vermeiden, habe ich bis jetzt nur folgendes Mittel bewährt gefunden. Man vermengt die organische Substanz mit der gehörigen Menge Kupferoxyd und setzt alsdann dem Gemenge noch etwa halb so viel fein zertheiltes metallisches Kupfer zu, als man Kupferoxyd genommen hat. Ich bediene mich statt dieser Mischung stets eines Kupferoxyds, welches zu einer oder zwei Verbrennungen schon gedient hat, und welches eine bedeutende Quantität metallisches Kupfer schon enthält.

Fig. 3. Taf. I. *a* ist die Verbrennungsröhre, *b* ein Röhrchen mit Chlorcalcium; dieses hat keinen anderen Zweck, als bei der Stickstoffbestimmung zur gröſseren

Digitized by Google

Sicherheit nochmals den Wasserstoff zu bestimmen, den man übrigens schon bei der Kohlenstoffbestimmung bekommt, man kann deshalb dieses Röhrchen recht gut hinweglassen; *c* ist eine weite Röhre mit befeuchtetem Aetzkali oder mit Kalkhydrat angefüllt. *e* ist eine Kugel mit flüssigem Aetzkali gefüllt; der Zweck derselben ist folgender: sobald die Verbrennung vor sich gegangen und der Apparat erkaltet ist, dreht man die Kugel *e*, was der Kautschuckverbindungen wegen sehr leicht geschieht, und treibt das Aetzkali vermittelst einer Spirituslampe bis an den Stöpsel *f*. Alle Kohlensäure, welche in der Verbrennungsröhre *a*, so wie in dem Chlorcalciumröhrchen, welche durch den entstehenden leeren Raum in die Verbrennungsröhre zurücktritt, enthalten ist, wird durch das Kali vollständig absorbirt; nach ein bis zwei Stunden kann man alsdann das erhaltene Stickgas messen. Unter die Glocke *d* bringt man einige Stückchen geschmolzenes Chlorcalcium, um das Gas auszutrocknen. Die Feuchtigkeit hat zwar auf das Volumen desselben nur geringen Einfluſs; allein im Fall sich Stickoxydgas gebildet hat, so ist man, wenn das Gas möglichst trocken erhalten wird, sicher, daſs die salpetrige Säure in der Glocke nicht verdichtet wird.

Anstatt dieses Apparats, Fig. 3. Taf. I., habe ich früher einen andern anzuwenden versucht, den ich, um Anderen vergebliche Versuche zu ersparen, ganz kurz beschreiben will.

Statt der Röhre *c* und der Kugel *e* in der Fig. 3. Taf. I. wurde die Verbrennungsröhre unmittelbar mit einer, 3 Fuſs langen und 1 Zoll weiten, halb mit ätzendem Ammoniak gefüllten Röhre, Fig. 4. Taf. I., verbunden. Es ist klar, daſs, wenn man diesen Apparat 24 Stunden nach der Verbrennung stehen läſst, man darauf rechnen kann, daſs alle Kohlensäure in der Verbrennungsröhre von dem flüchtigen Ammoniak absorbirt ist. Allein die Tension des Ammoniaks, welche sich wegen

Digitized by Google

seiner ungleichen Concentration nicht jedesmal bestimmen läſst, macht diesen Apparat, dem sich sonst nichts entgegensetzen läſst, zu einem sehr unsicheren und ungenauen Instrumente.

Unter den Versuchen, die damit angestellt worden sind, will ich, um dieses noch näher in's Licht zu setzen, nur einen anführen. Menge der Substanz: 0,500 Gramm Cinchonin.

Volumen in der Glocke vor dem Versuch 20,75 C.C.
Temp. 9°,8 C.

Ganzes Volumen der Luft in der groſsen Röhre und in der Glocke bei 0° C. und 28″ B. . . . . 224,5 C. C.

Vol. der Luft nach dem Versuch 59 C.C. bei 8°,8 C.

Ganzes Volumen bei 0° und 28″ B. . . 256,3

Stickgas 31,8 C. C.

Dieselbe Menge Cinchonin giebt aber 35 C.C. Stickgas. Der Unterschied von 1° in der Temperatur brachte mithin bloſs durch die verminderte Tension des Ammoniaks einen Unterschied in der Gasmenge von 3 C. C. hervor; denn die in der groſsen Röhre und der Glocke enthaltene Luft würde sich für 1 Grad nur um 0,9 C. C. zusammengezogen haben. Um über diese Fehlerquelle jeden Zweifel zu verbannen, habe ich das Zimmer, worin der Apparat aufgestellt war, bis auf 36° erwärmen lassen. Bei dem successiven Erkalten bis auf 10° wurden die Volumsunterschiede für jeden Grad bemerkt; es ergab sich hieraus, daſs sich die Luft für jeden Grad um 3,4 C. C. zusammenzog, während ein gleiches Volumen Luft ohne Ammoniak sich nur um 0,91 C. C. zusammengezogen hätte.

Es ist klar, daſs dieses Verhalten seine Anwendung durchaus beschränkt *).

*) Der thätige und verdienstvolle Hr. Batka in Prag hat die beschriebenen Apparate nach einem Muster, welches ich ihm ge-

Digitized by Google

Indem ich zur Beschreibung meiner Versuche übergehe, will ich nicht unerwähnt lassen, daſs ich mich bei den Berechnungen stets der neusten Atomgewichte von Berzelius und den von Poggendorff neuerdings berechneten Gewichten des kohlensauren Gases und Stickstoffs bedient habe. Ich bin, und zu meinem Leidwesen, erst etwas spät darauf aufmerksam geworden, daſs durch Anwendung der *gewöhnlichen* abgekürzten Aequivalentenzahlen, den Wasserstoff =1 gesetzt, stets ungenaue Resultate erhalten werden, und daſs, besonders in Beziehung auf den Kohlenstoff, die beste Analyse dadurch zu einer schlechten wird.

Ich gebe ferner das Detail der Versuche in Zahlen an; ich kann dabei nicht verhehlen, welch eine auſserordentliche Erleichterung mir von den HH. Dumas und Pelletier verschafft worden wäre, wenn es ihnen gefallen hätte, bei ihrer Untersuchung dasselbe zu thun, denn dadurch wäre mir eine Vergleichung unserer Resultate ohne die mühsamsten Reductionen möglich gemacht worden.

Vegetabilische Salzbasen.

Die Zusammensetzung der verschiedenen Salzbasen, so weit sie bis jetzt bekannt ist, giebt, wie man weiſs, über ihr Vermögen, die Säuren zu sättigen, keinen Aufschluſs, wenigstens scheint diese Eigenschaft mit ihrer Zusammensetzung keinem allgemeineren Gesetz unterworfen zu seyn; man hat eben so wenig ermittelt, ob sich diese Körper mit den Säuren auf dieselbe oder eine ähnliche Art vereinigen wie ein Metalloxyd.

Man hat es früher für wahrscheinlich gehalten, daſs sie eine Portion Ammoniak enthalten, dem sie ihre basischen Eigenschaften verdanken würden. Robiquet hat diese Ansicht zuerst aufgestellt; allein die Analysen die-

sandt habe, anfertigen lassen, so daſs man sich in den Besitz desselben bei ihm sehr leicht setzen kann.

Digitized by Google

ser Körper, die von Dumas und Pelletier bekannt gemacht worden sind, scheinen sie ganz zu widerlegen. Diese Chemiker hatten gefunden, daſs z. B. Morphin, welches nach ihnen $5\frac{1}{4}$ Procent Stickstoff enthält, mehr Säure sättigt, als Chinin, was $8\frac{1}{2}$ Proc. Stickstoff enthält; es ist aber klar, daſs sich, nach der Ansicht von Robiquet, die relativen Säurequantitäten dem Stickstoffgehalt der verschiedenen vegetabilischen Salzbasen proportional verhalten müſsten. Man wird sehen, daſs diese Ansicht noch nicht als völlig widerlegt betrachtet werden kann. Berzelius hat ferner in seinem Lehrbuch, bei Betrachtung der allgemeineren Eigenschaften dieser Reihe von Körpern, die Meinung ausgesprochen, daſs sie, gleich dem Ammoniak, nicht ohne Zutritt von Wasser ordentliche Salzbasen bilden dürften, daſs sie darnach sich nur mit wasserhaltigen Säuren vereinigen lieſsen, deren Wasser sie nicht entbinden; es folgt aber daraus ferner, daſs sie direct, ohne Wasser zu entbinden, und ohne Zutritt von Wasser sich mit Wasserstoffsäuren verbinden müssen.

Die Erforschung dieser Verhältnisse ist der Gegenstand meiner Versuche gewesen, ich habe die Ausmittelung der übrigen nicht weniger interessanten Seiten, welche die Salze dieser Salzbasen darbieten, vorläufig nicht berücksichtigt.

Im Fall nun die Salze, welche von den vegetabilischen Basen gebildet werden, eine gewisse Portion Wasser enthalten, welches zu ihrer Zusammensetzung gehört, so ist es unmöglich auf die gewöhnliche Weise das Verhältniſs der Säure zu der Salzbasis zu bestimmen, weil dieses Wasser als Salzbasis in Rechnung genommen wird, indem es durch die Hitze nicht ausgetrieben werden kann.

Ich habe mich zur Bestimmung des Mischungsgewichts der Salzbasen der folgenden Methode bedient.

In eine vorher gewogene Glaskugel wurde eine gewisse Portion der wasserfreien Salzbase gebracht und darüber salzsaures Gas geleitet, welches durch eine lange

Digitized by Google

Röhre mit geschmolzenem Chlorcalcium vorher ausgetrocknet worden war.

Die Verbindung beider erfolgt augenblicklich unter starker Erhitzung der Substanz. Sobald nun die Glaskugel wieder kalt geworden war, wurde, um das überschüssige salzsaure Gas zu vertreiben, ein Strom von getrocknetem kohlensauren Gase hindurchgeleitet, und zwar so lange, bis ein mit salpetersaurem Silber befeuchteter Glasstab an der Oeffnung der Kugel, wo das kohlensaure Gas herausströmte, nicht mehr weiſs beschlagen wurde.

Während dem das kohlensaure Gas hindurchströmte, wurde die Glaskugel durch Drehen stets aus ihrer ersten Lage gebracht, und durch Erwärmen bis zu 100° die Vertreibung des salzsauren Gases befördert.

Es konnte nun der Fall eintreten, daſs diese Salzbasen bei ihrer Verbindung mit wasserfreier Salzsäure eine gewisse Menge Wasser abgäben, und daſs somit ihre Gewichtszunahme durch ihre Verbindung mit salzsaurem Gas nicht das wahre Verhältniſs der aufgenommenen Salzsäure angegeben haben würde. In dieser Voraussetzung würde man durch Zersetzung des gebildeten salzsauren Salzes mit salpetersaurem Silber mehr Chlorsilber erhalten müssen, als durch die Gewichtszunahme in dem salzsauren Gase angezeigt worden war. Allein in allen angestellten Versuchen ist das erhaltene Chlorsilber dem aufgenommenen salzsauren Gase entsprechend gewesen, und dieses Verfahren lieſs sich danach mit groſser Sicherheit zur Bestimmung des Mischungsgewichts dieser Körper anwenden.

Ich habe noch zu erwähnen, daſs ich das Material zu diesen Versuchen den zwei bewährtesten Männern in der Darstellung der vegetabilischen Salzbasen, dem Hrn. Merck in Darmstadt und dem Hrn. Wittstock in Berlin, verdanke.

*) Hr. Apotheker Merck in Darmstadt hat sich auf meine Veranlassung entschlossen, die Darstellung der vegetabilischen Ba-

Hr. Merck hat für eine Abhandlung über die Ausmittelung und Reactionen der vegetabilischen Basen von der Société de pharmacie in Paris, welche eine Preisaufgabe über diesen Gegenstand ausgesetzt hatte, die Aufmunterungsmedaille erhalten, mit dem Beifügen, daſs ihm der Preis zuerkannt worden wäre, wenn die Commission bei der Wiederholung seiner Versuche nicht von den seinigen verschiedene Resultate erhalten hätte. Ich habe die Versuche des Hrn. Merck zum gröſsten Theil wiederholt und sie ganz richtig gefunden; man kann deshalb voraussetzen, daſs nur die ungleiche Reinheit der Substanzen, mit welchen die Commission ihre Versuche angestellt hat, an der Abweichung ihrer Resultate von denen des Hrn. Merk Schuld ist.

Ich statte hier diesen beiden Herren, für ihre freundliche Unterstützung bei meiner Arbeit, den lebhaftesten Dank ab.

Morphin.

Das zur Analyse verwendete Morphin ist mir theils durch Hrn. Merck, theils durch Hrn. Wittstock mitgetheilt worden, es war in ausgezeichnet reinen und farblosen Krystallen, und vollkommen frei von Narcotin, es löste sich in flüssigem Aetzkali mit Leichtigkeit auf und gab mit Chloreisen etc. die bekannten Reactionen.

Beiderlei Morphine wurden beim Erhitzen trüb und undurchsichtig, und verloren eine gewisse Portion Krystallwasser, wovon das von dem Wittstock'schen Morphin stark nach Weingeist roch.

Be-

sen, so wie aller anderen Stoffe ähnlicher Art, im Groſsen zu unternehmen. Man kann mit Zuversicht darauf rechnen, sie von diesem geschickten Manne im Zustande höchster Reinheit zu erhalten.

Digitized by Google

Bestimmung des Krystallwassers.

0,581	Morph. verlor. bei 120°	0,034	Wasser	Morph. v. Hrn. Merck. 100 Th. nehm. darnach auf 6,33 Wass.
0,445	- - - -	0,024	-	
0,437	- - - -	0,029	-	
0,943	- - - -	0,063	-	Morph. v. Hrn. Wittstock 100 Th. nehmen darnach 6,95 Wasser auf.
0,590	- - - -	0,036	-	
0,588	- - - -	0,038	-	
1,000	- - - -	0,065	-	

Bestimmung des Kohlen- und Wasserstoffs.

0,365 Grm. Morph. lieferten	0,955	Kohlensäure	
100 Th. liefern darnach	261,6	-	
0,680 Morphin	1,780	-	
100 Th. liefern also	261,8	-	
0,365 Morphin gaben	0,221	Wasser	Wittstock.
0,680 - -	0,415	-	
0,553 - -	0,318	-	Merck.
0,550 - -	0,314	-	

Bestimmung des Stickstoffs.

I.	0,550 wasserfr. Morphin liefert. bei 0° u. 28″ B.	17,727	C.C. Azot
II.	0,421 - - - - - - - - -	15,00	- -
III.	0,619 - - - - - - - - -	24,39	- -

Berechnet man nach diesen Daten die Zusammensetzung des Morphins, indem man die letzte, mit der groſsen Menge der Substanz erhaltene Stickstoffbestimmung, und den Wassergehalt des Merck'schen Morphins dabei zum Grunde legt, so erhält man in 100 Theilen:

Stickstoff	4,995
Kohlenstoff	72,340
Wasserstoff	6,366
Sauerstoff	16,299
	100,000

Krystallwasser	6,323	Wasserstoff	0,7026
		Sauerstoff	5,6204
			6,3230.

Digitized by Google

Bestimmung des Atomgewichts des Morphins.

0,600 Grm. wasserfreies Morphin nehmen in trocknem salzsauren Gas um 0,076 Grm. an Gewicht zu. Das gebildete salzsaure Morphin war vollkommen neutral, es löste sich vollständig im Wassser auf, und gab, mit salpetersaurem Silber zersetzt, 0,298 Chlorsilber.

Berechnet man das Mischungsgewicht nach der Menge der aufgenommenen Salzsäure, so erhält man die Zahl 3640 . . ., nach dam Chlorgehalt hingegen 3613.

Berechnet man nun nach der letzteren die obige Analyse, so erhält man:

				in 100 Theilen:
2	Atome	Azot	177,036	4,92
34	-	Kohlenstoff	2598,858	72,20
36	-	Wasserstoff	224,632	6,24
6	-	Sauerstoff	600,000	16,66
			3600,326	100,00.

Die Analyse der HH. Dumas und Pelletier giebt etwas mehr Stickstoff und Wasserstoff; allein auf das angegebene Mischungsgewicht berechnet, ist dieser Unterschied nicht bedeutend.

Es ist nun leicht einzusehen, das mit der Veränderung des Mischungsgewichts die Anzahl der Atome der Elemente gröſser oder kleiner ausfällt, so daſs man, ohne daſs die procentische Zusammensetzung zu sehr darunter leidet, noch mehrere viel gefälligere Verhältnisse herausfinden kann, als das angegebene ist; ich habe aber auf ihre Uebereinstimmung mit dem Mischungsgewicht, über dessen Richtigkeit noch andere Beweismittel nicht fehlen, einen viel zu hohen Werth gelegt, als daſs ich mir erlaubt hätte, die Analyse selbst zum Ausdruck einer individuellen Idee zu machen.

Unter den drei Versuchen über die Bestimmung des Stickstoffgehaltes haben zwei etwas weniger Stickstoff gegeben, als in der Analyse angenommen ist; in keinem

Digitized by Google

Fall ist dennoch der Stickstoffgehalt so groſs als ihn die HH. Dumas und Pelletier aufgefunden haben.

Man könnte hier aber einwerfen, daſs der Stickstoffgehalt desselben möglicherweise noch kleiner wäre, als ich ihn gefunden habe; dieſs ist aber, wenn man es auf das Mischungsgewicht des Morphins bezieht, durchaus undenkbar, denn in einem Mischungsgewicht einer stickstoffhaltigen Substanz können wohl 2, 3, 4 Atome Stickstoff, aber nie weniger als 1 Atom enthalten seyn.

Nach der oben angegebenen Analyse verhält sich der Wasserstoff des Krystallwassers zu dem Wasserstoff der Substanz = 1 : 9, und der Sauerstoff desselben zu ihrem Sauerstoff wie 1 : 3; da nun das Morphin 6 Atome Sauerstoff enthält, so muſs das krystallisirte Morphin 2 Atome Krystallwasser aufnehmen.

Pelletier hat gefunden, daſs 100 Theile Morphin 12,465 Schwefelsäure neutralisiren, wonach das Mischungsgewicht des Morphins sich auf 4020 . . berechnet.

Das schwefelsaure Morphin enthält aber, wie wir gleich sehen werden, eine gewisse Portion chemisch gebundenes Wasser, woraus hervorgeht, daſs das Mischungsgewicht nothwendig kleiner als diese Zahl seyn muſs.

Berechnet man es nach dem Wassergehalt des Morphins, indem man diesen für 2 Atome nimmt, so erhält man die Zahl 3554, was mit der aus dem salzsauren Morphin gefundenen offenbar zusammenfällt.

Untersuchung des schwefelsauren Morphins.

Das lufttrockene krystallisirte schwefelsaure Morphin verliert bei seinem Erhitzen bis auf 120° eine gewisse Portion Wasser; allein dieses wird in ganz kurzer Zeit, schon während dem Abwägen, von demselben aus der Luft wieder angezogen; man ist deshalb gezwungen, das Salz in einem verschlossenen Gefäſse, nachdem es von diesem Wasser befreit worden ist, zu wägen.

Digitized by Google

1,079 lufttrockenes schwefelsaures Morphin verloren 0,104 Wasser. 1,079 Th. lieferten ferner 0,337 Grm. schwefelsauren Baryt. Dieſs giebt für 100 Th. des krystallisirten Salzes

10,73 Schwefelsäure
9,64 Wasser.

Das Wasser, welches in dem schwefelsauren Morphin durch die Hitze nicht ausgetrieben wird, lieſs sich leicht durch Verbrennen einer gewissen Portion dieses Salzes ausmitteln, wenn man nachher von dem erhaltenen Wasser dasjenige abzog, welches durch die Oxydation des Wasserstoffs gebildet worden war.

0,593 schwefelsaures Morphin lieferte durch Verbrennen mit Kupferoxyd 1,170 Kohlensäure und 0,348 Wasser. Da nun durch Verbrennen von 100 Th. Morphin, wie es sich aus der Kohlenstoffbestimmung ergiebt, 261,5 Kohlensäure erhalten werden, so entsprechen die gefundenen 1,170 Grm. Kohlensäure 0,447 Grm. Morphin. Ferner würden diese 0,447 Morphin durch's Verbrennen 0,263,2 Grm. Wasser geliefert haben, es sind aber erhalten worden 0,348 Theile; es bleiben mithin für Krystallwasser und für chemisch gebundenes Wasser 84,8 Theile; die an 0,593 hier fehlenden 61,2 Theile können nichts anderes als Schwefelsäure seyn.

Berechnet man diese Analyse auf 100 Th. so erhält man:

75,38 Morphin
14,30 Wasser
10,32 Schwefelsäure
―――――
100,00.

Zieht man aber von dem hier aufgeführten Wasser 9,64 als die Quantität Wasser ab, welche als Krystallwasser beim Erhitzen weggeht, so bleiben als chemisch gebundenes Wasser 4,66 Theile. Beide verhalten sich zu einander = 1 : 2.

Das schwefelsaure Morphium besteht also aus:

75,38	Morphium
4,66	chemisch gebundenes Wasser
9,63	Krystallwasser
10,33	Schwefelsäure
100,00.	

Berechnet man nach der Schwefelsäure und dem wasserfreien Morphin, die in dieser Analyse aufgeführt sind, das Mischungsgewicht des trockenen Morphins, so erhält man die Zahl 36,59, und 100 Th. trockenes Morphin nehmen darnach 13,66 Schwefelsäure auf.

Berechnet man aber sein Atomgewicht nach der Menge Schwefelsäure, welche durch den directen Versuch mit salzsaurem Baryt aus dem wasserhaltigen Morphinsalz gefunden worden ist; so erhält man die Zahl 35,54, und 100 Theile Morphin neutralisiren darnach 14,11 Schwefelsäure.

Diese Verhältnisse nähern sich dem aus dem salzsauren Morphin gefundenen in dem Grade, daſs man an der Richtigkeit des letzteren nicht zweifeln kann.

Berechnet man den Wassergehalt des krystallisirten schwefelsauren Morphins auf das Mischungsgewicht desselben, das des Morphins zu 36,003 angenommen, so erhält man 22,18 chemisch gebundenes und 45,85 Krystallwasser, und jene theoretische Zusammensetzung ist:

1	Atom	Morphin	3600,326
1	-	Schwefelsäure . . .	501,165
2	-	Wasser	221,958
4	-	Krystallwasser . . .	249,916
Krystallisirtes schwefels. Morphin			4776,365.

Strychnin.

Das zur Analyse verwendete Strychnin war in regelmäſsigen Octaëdern krystallisirt und blendend weiſs;

Digitized by Google

1,079 lufttrockenes schwefelsaures Morphin verlo
0,104 Wasser. 1,079 Th. lieferten ferner 0,337 G
schwefelsauren Baryt. Dieſs giebt für 100 Th. des k
stallisirten Salzes

10,73 Schwefelsäure
9,64 Wasser.

Das Wasser, welches in dem schwefelsauren
phin durch die Hitze nicht ausgetrieben wird, lief
leicht durch Verbrennen einer gewissen Portion
Salzes ausmitteln, wenn man nachher von dem
tenen Wasser dasjenige abzog, welches durch die C
tion des Wasserstoffs gebildet worden war.

0,593 schwefelsaures Morphin lieferte durc
brennen mit Kupferoxyd 1,170 Kohlensäure un
Wasser. Da nun durch Verbrennen von 100 Th
phin, wie es sich aus der Kohlenstoffbestimmung
261,5 Kohlensäure erhalten werden, so entsprec
gefundenen 1,170 Grm. Kohlensäure 0,447 Gr
phin. Ferner würden diese 0,447 Morphin durc
brennen 0,263,2 Grm. Wasser geliefert haben,
aber erhalten worden 0,348 Theile; es bleiben n
Krystallwasser und für chemisch gebundenes
84,8 Theile; die an 0,593 hier fehlenden 61,2
können nichts anderes als Schwefelsäure seyn.

Berechnet man diese Analyse auf 100 Th. s
man:

75,38 Morphin
14,30 Wasser
10,32 Schwefelsäure
100,00.

Zieht man aber von dem hier aufgeführten W
9,64 als die Quantität Wasser ab, welche als Kr
wasser beim Erhitzen weggeht, so bleiben als che
gebundenes Wasser 4,66 Theile. Beide verhalten
zu einander =1 : 2.

Digitized by Google

[illegible]

[illegible] Schwe-[illegible]

[illegible] dem aus dem [illegible] dass man an [illegible] kann.

[illegible] des krystallisirten [illegible] Mischungsgewicht des-[illegible] angenommen, so er-[illegible] und 45,85 Krystall-[illegible] Zusammensetzung ist:

2 At. [illegible]	. . . . .	3600,326
1 [illegible]	. . .	501,165
2 [illegible] Wasser	. . . . .	224,958
4 [illegible] Krystallwasser	. . .	249,916
Krystallisirtes schwefels. Morphin		4776,365.

Strychnin.

[illegible] verwendete Strychnin war in re-[illegible] krystallisirt und blendend weiss.

es ist von Hrn. **Merck** dargestellt worden. Durch Erhitzen verlor es nichts an seinem Gewichte.

1,000 Grm. liefert.	2,770 Kohlens., und	0,600 Grm. Wasser
1,000 -	- 2,760	- - 0,606 - -
1,000 -	- 2,760	- - 0,604 - -
Mittel	2,763	0,603.

1,000 Grm. lieferten ferner bei 0° und 28" B. 45,9 C.C. Stickstoff. Man erhält darnach für 100 Strychnin:

5,81 Stickstoff
76,43 Kohlenstoff
6,70 Wasserstoff
11,06 Sauerstoff.

Bestimmung des Atomgewichts des Strychnins.

0,426 trocknes Strychnin nehmen im salzsauren Gas um 0,064 Th. zu, darnach verbinden sich 100 Th. Strychnin mit 15,02 Salzsäure, und sein Atomgewicht ist 3034. Berechnet man auf diese Zahl das Ergebniſs der obigen Analyse, so erhält man:

2 Atome	Stickstoff	177,036	5,95
30 -	Kohlenstoff	2293,110	77,16
32 -	Wasserstoff	199,673	6,72
3 -	Sauerstoff	300,000	10,11
		2969,819	100,00.

Brucin.

Das Brucin war ganz weiſs, in deutlichen Krystallen, und von Hrn. **Merck** dargestellt.

0,510 Grm. verloren bei 100 bis 120° 0,085 Wasser, 100 Th. nehmen darnach 20,23 Wasser auf.

1,000 Grm. liefert.	2,560 Grm. Kohlens. u.	0,600 Grm. Wasser
1,060 -	- 2,720 -	- - 0,636 - -

1,000 Grm. lieferten bei 0° u. 28" B. 40 C.C. Stickstoff
0,100 - - - - - - - - 133,04 - Kohlensäure und Stickgas

nach der letzteren Analyse, wenn man das kohlensaure Gas von dem ganzen Gasvolumen abzieht, erhält man für 1000 Th. nur 37,4 C.C. Stickgas.

Berechnet man diese Analyse in 100 Theilen, so erhält man:

5,07	Stickstoff
70,88	Kohlenstoff
6,66	Wasserstoff
17,39	Sauerstoff.

Bestimmung des Atomgewichts des Brucins.

0,850 trockenes Brucin nehmen in salzsaurem Gase um 0,111 Th. zu, dieſs giebt für das Mischungsgewicht desselben die Zahl 3500. Um vollkommen gewiſs zu seyn, daſs das Brucin, welches zu diesem Versuche angewendet wurde, ganz frei von Krystallwasser war, wurde das gebildete salzsaure Brucin, welches, so wie alle Salze, welche auf diesem Wege dargestellt sind, sich ohne Rückstand im Wasser löste, mit salpetersaurem Silber zersetzt, und davon 0,412 Chlorsilber erhalten, aus welchem sich das nämliche Mischungsgewicht ergiebt.

Berechnet man auf die Zahl 3500 die Bestandtheile, welche die Analyse ergeben hat, so erhält man:

2	Atome	Stickstoff	177,036	5,14
32	-	Kohlenstoff	2446,000	70,96
36	-	Wasserstoff	224,632	6,50
6	-	Sauerstoff	600,000	17,40
			3447,668	100,00.

Im krystallisirten Brucin enthält das Krystallwasser genau so viel Sauerstoff als die Substanz, und 1 Atom Brucin nimmt darnach 6 Atome Wasser auf.

Cinchonin.

Das zur Analyse verwandte Cinchonin war von Hrn. Wittstock dargestellt, und in wasserhellen Säulen kry-

Digitized by Google

stallisirt; es verlor beim Erhitzen nichts an seinem Gewichte, aber die Krystalle zersprangen nach allen Richtungen.

1,000	Grm. lieferten	2,786	Kohlensäure	u. 0,676	Wasser
1,000	- -	2,814	-	- 0,652	-

0,500	Grm. lieferten bei 0° u. 28″ B.	36,40	C C. Stickstoff
0,500	- - - - - - - -	34,35	- -
0,500	- - - - - - - -	34,3	- -
100	Theile geben demnach	7,00	C.C. Stickstoff.

Berechnet man darnach obige Resultate, so erhält man:

8,87	Stickstoff
77,81	Kohlenstoff
7,37	Wasserstoff
5,93	Sauerstoff
100,00.	

Bestimmung des Atomgewichts des Cinchonins.

0,630 Grm. trockenes Cinchonin nehmen im salzsauren Gas um 0,143 Grm. am Gewichte zu, darnach verbinden sich 100 Th. Cinchonin mit 22,698 Salzsäure, und sein Mischungsgewicht ist 2005,1.

Berechnet man auf diese Zahl die obigen Verhältnisse, so hat man:

2 Atome	Stickstoff	177,036	9,11
20 -	Kohle	1528,750	78,67
22 -	Wasserstoff	137,275	7,06
1 -	Sauerstoff	100,000	5,16
		1942,051	100,00.

Chinin.

Das zur Analyse verwandte Chinin war von Hrn. Merck dargestellt; es war ganz weiſs, gab jedoch mit etwas Schwefelsäure im Ueberschuſs erhitzt eine etwas gelbliche Auflösung. Ich habe käufliches schwefelsaures

Digitized by Google

Chinin mehrmals umkrystallisirt, die Auflösung durch kohlensauren Baryt, oder in der Kälte mit verdünntem Ammoniak zersetzt und von dem überschüssigen Baryt das Chinin durch Weingeist getrennt.

Der breiartige weiſse Niederschlag, welcher durch verdünntes Ammoniak aus der schwefelsauren Auflösung erhalten worden war, löste sich beim Erhitzen in der etwas freies Ammoniak enthaltenden Flüssigkeit vollkommen auf, und gab bei dem Abkühlen ganz ammoniakfreie, sehr feine, glänzende, seidenartige Nadeln von Chinin.

1,000 Grm. stark getrockn. Chinin liefert.	2,724	Kohlensäure
0,600 - - - - -	1,637	-
0.370 - geschmolzenes Chinin liefert.	1,014	-

Die HH. Dumas und Pelletier haben bei ihrer Analyse des Chinin das Detail ihrer Versuche angegeben; ich kann nicht umhin, dieses zur Vergleichung der von mir angegebenen Methode zur Bestimmung des Kohlenstoffs zu benutzen.

Sie haben v. 0,100 Grm. Chinin erhalten	137,1	C.C. Kohlens.
von etwas weniger weiſsen	135,3	- -

Die erste von den oben angegebenen Bestimmungen giebt für dieselbe Quantität aber 137,59 C.C. Kohlensäure
die zweite . . . . 137,88 - -
die dritte . . . . 138,5 - -

Ich glaube, daſs diese Vergleichung hinreicht, um die vollkommene Absorption der Kohlensäure vermittelst des beschriebenen Apparates auſser Zweifel zu setzen.

0,1000 Grm. Chinin liefert. ferner	0,695	Grm. Wasser
0,600 - - - -	0,405	- -
0,370 - - - -	0,250	- -

0,100 Chinin lieferten bei 0° und 28″ B. 143,514 Kohlensäure und Stickgas, zieht man davon die dem Gewichte des Chinin entsprechende Kohlensäure ab, so erhält man für 100 Th. 5,63 C.C. Stickgas.

Digitized by Google

1,000 Grm. lieferten aber bei 0° und 28″ B. 67,4 C.C.
1,000 - - - - - - - - - - 64,8 C.C. Azot.

Berechnet man nach den höchsten Zahlen die Zusammensetzung des Chinins, so erhält man:

8,11	Stickstoff
75,76	Kohlenstoff
7,52	Wasserstoff
8,61	Sauerstoff
100,00.	

Bestimmung des Atomgewichts des Chinins.

0,580 Grm. Chinin nahm. im salzs. Gase um 0,140 an Gew. zu
0,711 - - - - - - - - 0,171 - - -

Darnach würden 100 Th. Chinin 24,10 Salzsäure neutralisiren; allein die Auflösung dieser Salze gab, in einer Retorte abgedampft, ein Destillat, welches schwach sauer reagirte; zum Beweis, daſs diese Salze, ohne Zweifel wegen der groſsen Porosität des Chinins, etwas salzsaures Gas zurückgehalten hatten, was bei keinem der anderen Basen sich ereignet. Ich habe deshalb das Verhältniſs der Schwefelsäure zum Chinin durch die Verbrennung des schwefelsauren Salzes zu bestimmen gesucht.

0,500	Grm. bei 120° getrocknetes schwefels. Chinin lieferten	1,175 Grm. Kohlensäure
0,560	- - - -	1,318 - -
1,060		2,493.

Nach der Analyse von Baup enthält das getrocknete schwefelsaure Chinin 10 Proc. Schwefelsäure, nach der dritten Kohlenstoffbestimmung entsprechen ferner 274 Kohlensäure 100 Th. wasserfreiem Chinin.

Berechnet man darnach seine Zusammensetzung, so erhält man:

Digitized by Google

85,83	wasserfreies Chinin
10,00	Schwefelsäure
4,17	Wasser
100,00.	

Das Mischungsgewicht, darnach berechnet, ist 4250. Da aber dieses Chininsalz offenbar ein basisches Salz ist, so giebt die Hälfte dieser Zahl das eigentliche Mischungsgewicht zu 2145. Auf diese Zahl berechnet besteht das Chinin aus:

2	Atome	Stickstoff	177,036	8,62
20	-	Kohlenstoff	1528,750	74,39
24	-	Wasserstoff	149,752	7,25
2	-	Sauerstoff	200,000	9,74
			2055,538	100,00.

Der Sauerstoff des Wassers in dem schwefelsauren Salze verhält sich zu dem des Chinins $=1:2$.

In dem sogenannten sauren schwefelsauren Chinin nehmen 100 Th. Chinin darnach 23,53 Schwefelsäure auf.

Allgemeine Bemerkungen zu vorstehenden Analysen.

Wenn man untersucht, ob sich ein Gesetz der Zusammensetzung findet, auf welches sich die erhaltenen Resultate beziehen lassen, so findet man, wenn man zunächst die Menge der Säure vergleicht, welche eine gewisse Menge der angegebenen Pflanzenbasen neutralisirt, daſs jedes Atomgewicht Säure sich mit einer gewissen Quantität der Basis verbindet, die genau 2 Atome Stickstoff enthält. Dieses Gesetz erleidet unter allen untersuchten Basen keine Ausnahme; es ist gewiſs, daſs das Veratrin und andere sich demselben consequent verhalten werden. Bei dem Chinin und Cinchonin giebt es basische Salze, welche doppelt so viel Basis als die neutralen enthalten. Man darf hier freilich unter einem neutralen Salze kein solches verstehen, welches die blauen

Digitized by Google

Pflanzenfarben nicht verändert, denn in diesem eingeschränkten Sinne sind es keine, obgleich der Schluſs, zu dem wir gelangt sind, auch wenn man die basischen als neutrale und die anderen als saure Salze betrachtet, dadurch keine Veränderung erleidet.

Es scheint demnach in der That, als ob die alkalischen Eigenschaften dieser Körper, wesentlich an die Gegenwart des Stickstoffs gebunden seyen, den man sich nun als Ammoniak oder als eine andere noch unbekannte Verbindung darin denken mag. Ich halte das Letztere, daſs nämlich der Stickstoff nicht als Ammoniak in diesen Körpern enthalten ist, für die wahrscheinlichste Ansicht; als Grund dafür läſst sich nämlich das Verhalten derselben gegen Salpetersäure betrachten. Diese Säure zersetzt das Brucin, Strichnin etc. vollkommen; allein nach der Zersetzung enthält die saure Flüssigkeit kein Ammoniak, was, wenn Ammoniak in der That fertig gebildet darin vorhanden wäre, nothwendig der Fall seyn müſste.

Man könnte hier entgegnen, daſs es vegetabilische Substanzen giebt, die, wie das Kaffein, eine groſse Menge Stickstoff enthalten, ohne daſs sie eine Säure zu sättigen vermögen; allein es ist gewiſs, daſs die Gegenwart des Stickstoffs allein nicht die einzige Ursache dieser Eigenschaft seyn kann, sondern daſs sie durch eine eigenthümliche Verbindung der Elemente bedingt wird. Auch hat man bei dem Kaffein und andern ähnlichen organischen Körpern zur Erklärung einer Eigenschaft, die nicht da ist, keinen Grund zu suchen.

Es ergiebt sich ferner aus den Verbindungen der vegetabilischen Basen noch ein anderes Gesetz, das bis jetzt aber nur bei den Morphin- und Chininsalzen bewiesen ist, welches sie dem Ammoniak um Vieles näher stellt; daſs nämlich ihre Verbindungen mit Sauerstoffsäuren eine gewisse Menge Wasser enthalten, welches kein Krystallwasser ist, da es durch die bloſse Wärme nicht ausgetrieben werden kann. Dieses Wasser beträgt bei

Digitized by Google

dem schwefelsauren Morphin und basisch schwefelsauren Chinin viel mehr am Gewichte, als das dem Stickstoffgehalte der Substanz entsprechende Ammoniaksalz aufnehmen würde. Dieſs kann als ein neuer Grund gelten, in diesen Basen kein Ammoniak, sondern eine zusammengesetzte stickstoffhaltige Substanz anzunehmen, in welcher möglicherweise der Wasserstoff der Wasserstoffsäuren einen ähnlichen metallischen Körper, wie beim Ammoniak, hervorbringt.

Die Zusammensetzung des Chinins, Brucins, Cinchonins etc. giebt noch zu einer Menge von Vermuthungen Gelegenheit; allein ich halte diese für das Gebiet der Speculation noch zu unreif. Die organische Chemie ist noch ein viel zu wenig gekanntes und bebautes Feld, so vielfaches Interesse es auch verspricht und darbietet. Berzelius hat auch hier die erste Bahn gebrochen, er hat uns in seiner Abhandlung über die Traubensäure eine unermeſslich reiche Quelle von Forschungen eröffnet, welche für die Theorie der Chemie von Folgen seyn wird, die man noch nicht übersieht.

Durch die Entdeckung des künstlichen Harnstoffs ist überdieſs eine ganz neue Verbindungsweise der Elemente organischer Körper bekannt geworden. Ich halte diese beiden Entdeckungen für den ersten Anfang einer eigentlich wissenschaftlichen organischen Chemie.

Narcotin.

Das zur Analyse verwandte Narcotin war theils von Hrn. Merck, theils von Hrn. Wittstock dargestellt; es war in kochendem Kali ganz unauflöslich, und in ganz durchsichtigen kaum gelblich gefärbten Krystallen angeschossen, die durch die Wärme nichts am Gewicht verloren.

1,000 Grm. lieferten 2,350 Grm. Kohlensäure 0,495 Wasser. Ein zweiter Versuch gab ganz das nämliche Resultat.

Was die Menge des Stickstoffs in dem Narcotin anbelangt, so muſs ich gestehen, daſs ich darüber in Unge-

Digitized by Google

wiſsheit geblieben bin, denn dieser Gehalt ist so gering, daſs der kleinste Beobachtungsfehler das relative Verhältniſs der Kohlensäure zum Stickstoff ausnehmend ändert.

Ich habe von

I.	1,000	Grm. Narcotin bei 0° u. 28″ B.	21	C.C. Stickstoff
II.	1,000	- - - - - - -	19	- -
III.	1,400	- - - - - - -	28,2	- -

erhalten.

Dieser Stickstoff verhält sich zur Kohlensäure, welche für 1,000 Grm., in Volumen ausgedrückt, 1187 C.C. giebt:

I. $=1:56$
II. $=1:59$
III. $=1:61$.

Es ist zwar wahrscheinlich, daſs sich der Stickstoff zum Kohlenstoff wie 1:60 verhält; ich bin aber weit entfernt, dieſs für gewiſs zu halten.

Bei dieser Annahme enthielten 100 Th. Narcotin:

65,00 Kohlenstoff
2,51 Stickstoff
5,50 Wasserstoff
26,99 Sauerstoff.

Columbin.

In der Columbowurzel hat Hr. Wittstock kürzlich eine eigenthümliche Substanz entdeckt, welche er für das wirksame Princip derselben hält; er hat die Güte gehabt, mir eine kleine Quantität davon zur Analyse mitzutheilen.

Das Columbin war in kleinen, ganz weiſsen Nadeln krystallisirt, mit welchen einige andere bedeutend gröſsere Krystalle gemengt waren. Da es möglich war, daſs diese einer andern Substanz angehörten, so habe ich sie mit Weingeist übergossen und schwach erwärmt. Die kleineren Krystalle wurden sehr schnell aufgelöst, während die gröſseren zurückblieben. Die Auflösung gab nach

Digitized by Google

dem Erkalten Krystalle von demselben Ansehen wie die kleineren. Das Columbin enthält keinen Stickstoff.

0,500 Grm. lieferten 1,200 Kohlensäure und 0,278 Wasser. Dieſs giebt für seine Zusammensetzung:

66,36	Kohlenstoff
6,17	Wasserstoff
27,47	Sauerstoff
100,00.	

Die theoretische Zusammensetzung läſst sich durch die Formel

7C7HO

repräsentiren.

Roccelsäure.

Hr. Dr. Heeren hat in der *Roccella tinctoria* diese neue, den fetten Säuren sich anschlieſsende Substanz entdeckt, und in Schweigger-Seidels Jahrbuch, Bd. 59. S. 347., beschrieben. Ich verdanke seiner Gefälligkeit eine kleine Quantität, die zu der folgenden Analyse verwendet worden ist.

0,500 Th. Roccelsäure liefert. 1,228 Kohlens. u. 0,483 Wasser
0,500 - - - 1,230 - - 0,485 -

Dieſs giebt für 100 Theile:

67,940	Kohlenstoff
10,756	Wasserstoff
21,372	Sauerstoff.

Durch die Analyse mehrerer roccelsauren Salze hat Hr. Dr. Heeren für das Mischungsgewicht dieser Säure die Zahl 1882 bekommen. Berechnet man darauf die obigen Resultate, so besteht die Säure aus:

16	Atome Kohlenstoff	1222,992	67,05
32	- Wasserstoff	199,673	10,95
4	- Sauerstoff	400,000	21,94
		1822,665	100,00

100 Th. Säure nehmen nach der Analyse des roc-

Digitized by Google

celſauren Kalks eine Menge Baſis auf, die 5,31 Sauerſtoff enthält, dieſer ſteht zu dem Sauerſtoff der Säure im Verhältniſs =1 : 4.

Es muſs bei dieſer Analyſe auffallen, daſs durch die Verbrennung der Säure etwas weniger Waſſerſtoff und etwas mehr Kohlenſtoff erhalten worden iſt, als die theoretiſche Zuſammenſetzung ergiebt, da der Natur dieſer Analyſe nach nur das Gegentheil davon erwartet werden kann; allein dieſe Anomalie verſchwindet, wenn man, wofür das gefundene Miſchungsgewicht ſpricht, 1 Atom Kohlenſtoff mehr annimmt; das Miſchungsgewicht der Säure wird aber dadurch gröſser als das gefundene, was wieder vorausſetzt, daſs bei der Beſtimmung der Baſis in den roccelſauren Salzen nicht allein kein Verluſt ſtattgefunden hatte, ſondern daſs umgekehrt mehr erhalten worden wäre, als das Salz in der That enthält. Die Säure würde darnach aus 17 Kohlenſtoff, 32 Waſſerſtoff und 4 Atomen Sauerſtoff beſtehen, und ihr Atomgewicht würde 1899 . . ſeyn.

Da ich hier die Wahl zwiſchen zwei Unwahrſcheinlichkeiten hatte, ſo habe ich der einfachſten den Vorzug gegeben.

Man kann die Roccelſäure betrachten als eine Verbindung von:

$$4(C+2H)+O,$$

und 4 Atome dieſer Verbindung würden ein Aequivalent ſeyn für 1 Atom einer anorganiſchen Säure.

Pſeuderythrin

Durch die ſchöne Unterſuchung der Lackmusflechten hat uns Hr. Dr. Heeren mit mehreren höchſt merkwürdigen Verbindungen bekannt gemacht, welche die intereſſante Eigenſchaft beſitzen, ſich durch Berührung mit kohlenſaurem Ammoniak ohne Zutritt der Luft, oder bei Gegenwart von Luft und reinem Ammoniak, in verſchiedene neue Verbindungen zu verwandeln.

Ei-

Digitized by Google

Einen der Stoffe, welcher, wie er glaubt, durch Zersetzung des Erythrins vermittelst Alkohol erzeugt wird, hat er Pseuderythrin genannt, und es ist dieser Körper, von dem er mich durch Mittheilung einer kleinen Portion in Stand gesetzt hat eine Analyse zu machen.

0,500 Grm. lieferten 1,100 Grm. Kohlensäure und 0,285 Wasser. Dieſs giebt für seine Zusammensetzung:

60,810	Kohlenstoff
6,334	Wasserstoff
32,856	Sauerstoff
100,000.	

Seine wahrscheinliche Zusammensetzung ist, darnach berechnet:

20	Atome	Kohlenstoff	15,28750	61,5
25	-	Wasserstoff	1,55995	6,3
8	-	Sauerstoff	8,00000	32,2
			24,84745	100,0.

Caincasäure.

Die HH. Pelletier und Caventou haben in der Caincawurzel eine eigenthümliche Säure entdeckt, welche die ganz sonderbare Eigenschaft besitzt, durch kalte Salzsäure in eine geschmacklose gelatinöse Materie verwandelt zu werden.

Die zur Analyse verwandte Substanz war von Hrn. Merck dargestellt, und in feinen weiſsen Nadeln krystallisirt. 0,500 Th. verloren bei 100° 0,045 Wasser.

0,459 Grm. lieferten ferner 0,955 Kohlensäure und 0,310 Wasser. Sie ist darnach zusammengesetzt aus:

57,38	Kohlenstoff
7,48	Wasserstoff
35,14	Sauerstoff
100,00.	

Digitized by Google

Berechnet man aus dem Wassergehalt dieser Säure ihr Atomgewicht, indem man ihn zu 1 Atom annimmt, so erhält man die Zahl 10,863; eine Analyse eines caincasauren Salzes würde über die Richtigkeit desselben Aufschluſs gegeben haben; allein die geringe Menge, welche ich besaſs, lieſs weitere Versuche nicht zu.

Allantoissäure.

Bekanntlich findet sich diese Substanz in der allantoischen Flüssigkeit der Kühe, von welchem Vorkommen sie ihren Namen hat.

Sie besitzt, so wie die Harnsäure, einige allgemeine Eigenschaften der Säuren, ohne sich aber durch ihre übrigen Charaktere dieser Klasse von zusammengesetzten Körpern anzuschlieſsen.

Hr. C. G. Gmelin hat gefunden, daſs sie sich in Kali auflöst; allein aus der alkalischen Flüssigkeit erhält man sie frei von Kali und unverändert wieder, doch schien sie einigermaſsen die Fähigkeit zu besitzen, Kalk und Ammoniak aufzunehmen, ohne jedoch von dem Letzteren neutralisirt zu werden.

Sie scheint sich gegen die Basen, so wie der Harnstoff zu den Säuren zu verhalten, der sich mit einigen derselben, wie man weiſs, verbindet, ohne gerade deshalb eine Salzbasis zu seyn.

Hr. Lassaigne hat ebenfalls einige Versuche mit dieser Substanz, welche zweckmäſsiger Allantoin genannt wird, angestellt, und sie aus:

25,24 Stickstoff
28,15 Kohlenstoff
14,50 Wasserstoff
32,00 Sauerstoff

zusammengesetzt gefunden; er hat ferner ausgemittelt, daſs 100 Theile davon

24 Bleioxyd und
25,2 Baryt,

mithin mehr Baryt als Bleioxyd neutralisiren, was der Lehre von den Aequivalenten durchaus wiederstreitet; ich bin durch Mangel einer gröſseren Menge dieser Substanz abgehalten worden weitere Versuche anzustellen. Das wenige, über das ich disponiren konnte, verdanke ich der Freundschaft des Hrn. C. G. Gmelin, der es mir zum Zweck einer Analyse mitzutheilen die Güte hatte. Das Allantoin war etwas gefärbt, wurde aber durch Behandlung mit Holzkohlenpulver blendendweiſs. Das Allantoin enthält kein Krystallwasser.

0,550 Grm.	liefert.	0,634 Grm. Kohlensäure u.	0,193	Wasser
0,480	- -	0,545 - - -	0,170	-
0,150 Grm.	-	bei 3° C. und 27",5 B.	126	C.C. Gas
0,130	- -	bei 4° und 27",4 B.	108	- -

Wenn man die eben gefundene Kohlensäure für 0,100 Grm. im Volumen berechnet, so findet man, daſs sich der Stickstoff zur Kohlensäure $=1:1\frac{1}{2}$ oder wie $2:5$ verhält.

Die Säure enthält darnach in 100 Theilen:

29,51 Azot
31,87 Kohlenstoff
3,89 Wasserstoff
34,73 Sauerstoff.

Ihre theoretische Zusammensetzung wird durch die Formel

$$C^5\,A^4\,H^8\,O^4$$

ausgedrückt.

Es ist bemerkenswerth, daſs Stickstoff und Kohlenstoff in dem Allantoin in demselben Verhältniſs wie in der Harnsäure enthalten sind.

Chinasäure.

Die Darstellung der Chinasäure, die Salze, welche sie bildet, so wie ihre Zusammensetzung, haben die HH. Henry und Plisson, *Journal de pharmacie, Août* 1829, *p.* 390., zum Gegenstande einer Untersuchung gemacht.

Sie geben an, daſs diese interessante Säure in 100 Th.

Digitized by Google

34,4320 Kohlenſtoff
5,5602 Waſſerſtoff
60,0078 Sauerſtoff

enthalte, und daſs sie aus

2 Atomen Kohlenſtoff
4 - Waſſerſtoff
3 - Sauerſtoff

zuſammengeſetzt ſey, wonach ſie ihr Miſchungsgewicht zu 477,83 berechnen.

Henry und Pliſſon haben die Verbindungen der Chinaſäure mit Magneſia, Kalk, Natron, Kali, Baryt, Mangan, Zink, Kupferoxyd, Bleioxyd und Silberoxyd unterſucht, und ihre Zuſammenſetzung durch directe Verſuche ausgemittelt. Die Uebereinſtimmung in allen dieſen Analyſen könnte nicht gröſser ſeyn; deſſen ungeachtet läſst ſich nicht daran zweifeln, daſs ſie alle, mit Ausnahme des chinaſauren Kalks, nach dem vermeintlichen Miſchungsgewichte der Säure berechnet ſind. Welches Vertrauen nun die Analyſe des Kalkſalzes verdient, geht daraus hervor, daſs ſie den nach der Calcination deſſelben rückbleibenden kohlenſauren Kalk als *reinen* Kalk berechnet haben.

Aus der Zuſammenſetzung der chinaſauren Salze, welche Henry und Pliſſon gefunden haben, ergiebt ſich für das Miſchungsgewicht der Säure die Zahl 232,604; legt man dieſe Zahl zum Grunde einer Berechnung für die theoretiſche Zuſammenſetzung derſelben, ſo beſteht ſie aus:

10 Atomen Kohlenſtoff
20 - Waſſerſtoff
14 - Sauerſtoff.

Obgleich nun dieſe Chemiker fanden, daſs die Chinaſäure 14 Mal ſo viel Sauerſtoff enthält, als die Baſe, welche davon neutraliſirt wird, ſo hielten ſie ſich nichts deſtoweniger, durch unbekannte Gründe, bewogen, nur

3 Atome Sauerstoff darin anzunehmen. Man muſs in der That über diese Unkenntniſs und über die falsche Anwendung und den Miſsbrauch der stöchiometrischen Gesetze erstaunen, welche sich in dieser Arbeit, die durch ihre Art charakteristisch ist, zu erkennen giebt.

Henry und Plisson haben bei der Analyse der Chinasäure eine neue Methode befolgt, welche sie vor Kurzem (*Journ. de Pharm.* 1830, *p.* 249.) beschrieben haben. Neu ist diese Methode, denn sie giebt so ungewöhnliche Resultate, daſs man nach der alten gerade 12 Procent Kohlenstoff mehr erhält, als sie gefunden haben; über ihre Zweckmäſsigkeit wäre es aber von meiner Seite unpassend ein Urtheil zu fällen.

Durch Mittheilung einer kleinen Quantität von reinem chinasauren Kalk sah ich mich in Stand gesetzt, die Versuche von Henry und Plisson über die Zusammensetzung der Chinasäure zu wiederholen.

Der chinasaure Kalk enthält eine bedeutende Menge Krystallwasser, welches von Henry und Plisson übersehen worden ist. Bei schnellem Erhitzen schmilzt er und bläht sich auf, bei langsamen Erhitzen, bei 100 bis 120° verwittern die Krystalle ohne zu zerfallen.

2,000 Grm. verloren bei 100 bis 120° 0,564 Wasser.
Darnach enthalten 100 Theile Kalksalz 28,2 Wasser.

0,937 wasserfreier chinasaurer Kalk lieferten durch die Calcination 0,206 kohlensauren Kalk. Dieser Rückstand wurde mehrmals mit kohlensaurem Ammoniak befeuchtet und alsdann schwach geglüht; er nahm aber dadurch am Gewichte nicht zu.

Das Mischungsgewicht der Säure darnach berechnet, ist 252,06, und 100 Th. wasserfreier chinasaurer Kalk bestehen aus:

87,6094 Säure
12,3906 Kalk.

Der krystallisirte besteht aus:

62,93	Säure
8,87	Kalk
28,20	Wasser
100,00.	

0,340 Th. wasserfreier chinasaurer Kalk lieferten 165 Wasser.

I. 0,095 Grm. wasserfreier chinasaurer Kalk lieferten bei 0° und 28″ B. 66,1 C. C. Gas.

II. 1,436 wasserfreies Kalksalz = 1,2582 Grm. Säure lieferten 1,965 Grm. Kohlensäure und 0,690 Wasser.

Da es ungewiſs war, ob der kohlensaure Kalk, welcher nach der Verbrennung des Kalksalzes zurückbleibt, bei dem Glühen mit Kupferoxyd, wie es bei dem kohlensauren Kali geschicht, nicht eine Portion Kohlensäure fahren lasse, so habe ich mich darüber durch einen directen Versuch sicher stellen wollen.

Allein reiner kohlensaurer Kalk gab mit Kupferoxyd, in einer Glasröhre auf's Heftigste geglüht, nicht die geringste Menge Kohlensäure ab. Man kann also, ohne einen Fehler zu begehen, den Kalk, welcher bei diesen Analysen zurückbleibt, als kohlensauren Kalk in Rechnung bringen.

Bei der zweiten Analyse bleiben in Verbindung mit dem Kalk 0,139 Grm. Kohlensäure zurück, und diese verhalten sich zu 1,965 Grm. Kohlensäure genau wie 1 : 14, so daſs die Säure, wenn man beide zusammen addirt, 15 Atome Kohlenstoff enthalten muſs.

Die Chinasäure besteht demnach in 100 Th. aus:

I.	II.	
46,157	46,23	Kohlenstoff
6,111	6,09	Wasserstoff
47,732	47,68	Sauerstoff

Wenn man diese Analysen auf 252,06 als das Mischungsgewicht der Säure berechnet, so erhält man für ihre Elemente folgende Verhältnisse:

Digitized by Google

15	Atome Kohlenstoff	11,5656	46,12
24	- Wasserstoff	1,4975	5,82
12	- Sauerstoff	12,000	47,89
		25,0631	100,00.

Der chinasaure Kalk enthält darnach 10 Atome Krystallwasser.

Um jedem Einwurfe zu begegnen, wäre es nöthig gewesen, neben dem chinasauren Kalk noch ein anderes chinasaures Salz der Analyse zu unterwerfen; allein die geringe Menge, welche ich besaſs, lieſs weitere Versuche nicht zu. Ich habe übrigens versucht, das basisch-chinasaure Bleioxyd, das einzige chinasaure Salz, welches unauflöslich ist, zur Analyse zu benutzen. Dieses Salz wird, nach Pelletier und Caventou, so wie nach Henry und Plisson, dargestellt, wenn man Bleiessig mit einem auflöslichen chinasauren Salze vermischt. Allein diese beiden Salze lassen sich vermischen, ohne daſs ein Niederschlag entsteht, setzt man aber nachher Ammoniak hinzu, so entstehen reichliche weiſse Flocken, die sich nach einigen Tagen in glänzende Blättchen verwandeln.

Bei der Zersetzung dieses Salzes mit Schwefelsäure entstand ein eben merkliches Aufbrausen, zum Beweise, daſs sich bei dem Auswaschen etwas kohlensaures Bleioxyd gebildet hatte, wodurch das Resultat fehlerhaft werden muſste. Ich habe übrigens von 0,862 basischem chinasauren Bleioxyd 0,848 schwefelsaures erhalten.

Was die ungewöhnliche Differenz in dem Kohlenstoffgehalte der Analyse von Henry und Plisson und der meinigen anbelangt, so könnte man hier entgegnen, daſs der Grund davon darin liege, daſs der chinasaure Kalk ein wasserfreies Salz ist, während die Chinasäure ohne Zweifel Krystallwasser enthält. Allein durch die Analyse des chinasauren Salzes ist mehr Wasserstoff gefunden worden, als sie in der Säure angeben, und zwar ½ Procent mehr, was voraussetzt, daſs der chinasaure

Digitized by Google

Kalk, welchen ich der zweiten Analyse unterworfen habe, oder das Kupferoxyd noch 0,062 Grm. Wasser enthalten habe. Dieſs halte ich durchaus nicht für wahrscheinlich, wenn man es aber auch zugiebt, so ist immer erst der Wasserstoffgehalt des chinasauren Kalkes dadurch nicht kleiner als der der Säure geworden.

Was die Reinheit des Salzes betrifft, mit welchem ich gearbeitet habe, so darf ich bloſs erwähnen, daſs es von den HH. Henry und Plisson selbst dargestellt war.

Neutraler schwefelsaurer Kohlenwasserstoff.

Unter diesem Namen hat Serullas ein schon lange gekanntes Product der Einwirkung der Schwefelsäure auf den Alkohol beschrieben, dessen wahre Natur von ihm zuerst ausgemittelt worden ist.

Die Theorie der Aetherbildung beruht zum Theil auf der Zusammensetzung der sogenannten Schwefelweinsäure, und die Zusammensetzung dieser, nach Serullas Ansicht, steht in innigem Zusammenhang mit der des sogenannten neutralen schwefelsauren Kohlenwasserstoffs oder des schwefelsäurehaltigen Weinöls.

Aus keiner andern Absicht, als um eine einfachere Methode zur Zerlegung von wenig flüchtigen Flüssigkeiten zu probiren, habe ich diese Substanz zum Gegenstand derselben gewählt. Sie wurde, nach der Methode von Serullas, durch absoluten Alkohol und Schwefelsäure dargestellt. Das Destillat war ein ölartiges Liquidum, schwerer wie Wasser, und vollkommen farblos und durchsichtig. Es wurde mit etwas eiskaltem Wasser abgewaschen, und alsdann unter die Luftpumpe mit Schwefelsäure gebracht und einige Tage ruhig stehen gelassen. Alsdann wurde es noch eine kurze Zeit mit geschmolzenem Chlorcalcium in Berührung gebracht.

Diese Flüssigkeit besaſs alle Eigenschaften, die von

Digitized by Google

Serullas angegeben worden sind; sie war vollkommen ohne Wirkung auf die Pflanzenfarben; ich habe aber nicht bemerkt, daſs ihre Farbe unter der Luftpumpe grün wurde.

Sie unterschied sich aber wesentlich von der von Serullas beschriebenen Substanz dadurch, daſs durch Erhitzen mit Wasser kein schwefelsäurefreies Weinöl daraus dargestellt werden konnte. Es wurden 10 bis 12 Grammen davon mit einer Auflösung von Aetzkali schwach erwärmt, das Oel trübte sich, und wurde weiſs und undurchsichtig; allein es kam kein specifisch leichteres dadurch zum Vorschein. Nachdem die alkalische Flüssigkeit durch Waschen entfernt worden war, bemerkte man, daſs das daraufgegossene Wasser beim Erhitzen wieder sauer wurde. Man erhitzte es nun wieder mit viel Wasser in einer Retorte, und beim fortgesetzten Sieden verschwand es gänzlich, ohne daſs sich auf seiner Oberfläche ein anderes Oel, welches leichter wie Wasser war, abgesondert hätte. In der Vorlage bemerkte man aber einige wenige Tropfen eines wasserhellen Oels, welches auf der Oberfläche schwamm, dessen Menge aber zu gering war, um gesammelt zu werden. Diese Tropfen erstarrten bei 0° *gänzlich* zu einer weiſsen krystallinischen Masse. Das Destillat besaſs einen eigenthümlichen Geruch, welcher etwas von Aethergeruch hatte. Ich bin übrigens weit entfernt auf diese Beobachtung mehr Werth zu legen, als sie verdient, ich habe durchaus nicht die Absicht gehabt, mich mit der Aufklärung dieses Gegenstandes zu befassen.

Zur Analyse des neutralen schwefelsauren Kohlenwasserstoffs wurde derselbe tropfenweise mit Kupferoxyd in einer 18 Zoll langen, 1½ Zoll weiten Glasröhre geschichtet, bis die Röhre bis auf etwa 9 bis 10 Zoll gefüllt war, alsdann wurde noch eine 6 bis 7 Zoll lange Lage von reinem Kupferoxyd hineingebracht. Das Ku-

pferoxyd war frisch geglüht und kam unzerrieben in die Röhre. Die Verbrennungsröhre wurde alsdann mit dem beschriebenen Apparate verbunden und auf die bekannte Art verfahren.

Diese Methode der Verbrennung eignet sich, wie man leicht einsieht, nur für Flüssigkeiten, welche wenig flüchtig sind, bei denen man also beim Abwiegen an der Luft durch die Verdunstung keinen Gewichtsverlust zu befürchten hat, sie läſst sich übrigens bei den flüchtigen Oelen mit groſsem Vortheil anwenden. Gewöhnlich werden diese Substanzen in kleine Glaskügelchen eingeschlossen, welche mit dem Kupferoxyde geschichtet werden. Bei sehr kohlenstoffreichen Flüssigkeiten wird dadurch eine vollkommene Verbrennung ganz unmöglich gemacht, denn so wie das Kügelchen durch die angebrachte Hitze zerspringt, so ist die Gasentwicklung so heftig, daſs eine nicht unbedeutende Menge des Körpers in Gestalt eines weiſsen, dichten Dampfes mit übergerissen wird.

Bei Verbrennung von flüchtigen Flüssigkeiten, welche wenig Kohlenstoff enthalten, so wie Weingeist etc., hat man diese Unannehmlichkeit bei der Anwendung der Glaskügelchen nie zu befürchten, und bei den andern kann sie, wenn man recht langsam feuert, auf die angezeigte Art vollkommen vermieden werden.

1,730 schwefelsäurehaltiges Weinöl lieferten 2,078 Grammen Kohlensäure und 0,940 Wasser.

Berechnet man diese Analyse, indem man die Menge Wasserstoff aufsucht, welche den erhaltenen Kohlenstoff in ölbildendes Gas umwandelt, und den Ueberschuſs von Wasserstoff als Wasser in Rechnung bringt, so erhält man in 100 Theilen:

33,180	Kohlenstoff	} ölbildendes Gas
5,418	Wasserstoff	}
5,788	Wasser	
55,614	Schwefelsäure.	

Digitized by Google

Diese Verhältniſse entsprechen aber genau einer Zusammensetzung von:

8 Atome Kohlenwasserstoff
2 - Schwefelsäure
1 - Wasser,

das heiſst, derjenigen welche Serullas gefunden hat.

II. *Ueber das Vanadin, ein neues Metall, gefunden im Stangeneisen von Eckersholm, einer Eisenhütte, die ihr Erz von Taberg in Småland bezieht;*

von N. G. Sefström.

(Aus den *Kongl. Vetensk. Acad. Handl. f.* 1830.)

Auffindung des neuen Metalls.

Bereits vor mehreren Jahren hat der Bergmeister Rinmann zur leichten Auffindung, ob ein Eisen kaltbrüchig sey, eine Methode angegeben, welche auf dem Umstand beruht, daſs ein solches Eisen beim Aetzen mit Salzsäure ein schwarzes Pulver giebt. Auf diese Weise, welche ich in den Annalen des Eisencomtoirs für 1825, S. 155., beschrieben habe, bei Gelegenheit, als ich ein nicht kaltbrüchiges Eisen gebrauchte und zu dem Ende Eisen von Eckersholm untersuchte, gab dasselbe zu meiner Verwunderung die Reaction auf Kaltbrüchigkeit, obgleich das Eisen von Taberg für das weichste und zähste, das wir haben, gehalten wird. Die Zeit erlaubte mir damals nicht, dieſs Verhalten ganz in's Klare zu setzen; allein im April 1830 nahm ich die Versuche wieder vor, um zu sehen, ob das schwarze Pulver Phosphor enthalte, oder aus einem andern Stoffe bestehe, was zu wissen für mich von Wichtigkeit war. Ich löste demnach eine bedeutende

Menge jenes Eisens in Salzsäure auf und untersuchte das dabei erhaltene schwarze Pulver. Bei der Auflösung trat der Umstand ein, daſs Theile von Eisen, besonders die das schwarze Pulver hinterlassenden, sich schneller als die übrigen lösten, so daſs mitten in der Eisenstange hohle Adern zurückblieben.

Bei Untersuchung dieses schwarzen Pulvers fand sich darin *Kieselerde*, *Eisen*, *Thonerde*, *Kalk*, *Kupfer*, *Kobalt* und ein Körper, welcher in gewisser Hinsicht dem *Chrom*, in anderer dem *Uran* glich. In welchem Zustande dieser Körper vorkomme, konnte nicht ausgemittelt werden, weil die geringe Menge des schwarzen Pulvers nicht 2 Decigramme überstieg, und noch überdieſs zu mehr als die Hälfte aus Kieselsäure bestand.

Nach mehreren Versuchen wurde entdeckt, daſs es kein Chrom war, und die folgenden Vergleiche zeigen auch, daſs es eben so wenig Uran war. Dabei ist zu bemerken, daſs die höchsten Oxydationsstufen mit einander verglichen wurden, daſs indeſs das Vanadin sich zum Theil auch auf der niederen Oxydationsstufe befand.

Reactionen des Uranoxyds.	Reactionen des Vanadins.
Lösung in Salzsäure.	
Farbe: reingelb.	Farbe: pomeranzengelb.
Verhalten gegen Aetzammoniak.	
Giebt einen gelben Niederschlag, besonders beim Erwärmen.	Gab keinen Niederschlag, und bei Ueberschuſs von Ammoniak ward die Lösung beim Erwärmen farblos.
Gegen kohlensaures Ammoniak in Ueberschuſs.	
Wird beim Kochen gefällt.	Ward nicht gefällt.
Gegen Blutlauge.	
Giebt einen braunen Niederschlag.	Gab einen grünen Niederschlag.

Digitized by Google

Reactionen des Uranoxyds.	Reactionen des Vanadins.
Vor dem Löthrohr.	
Mit groſsem Zusatz von Borax.	
Das gelbe Glas läſst sich farblos blasen, nicht aber das grüne.	Das grüne Glas konnte farblos geblasen werden, nicht aber das gelbe.
Mit Soda im Oxydationsfeuer.	
Löst sich nicht darin.	Löste sich leicht darin.

Diese Reactionen bestätigten sich späterhin im Monat Mai im Laboratorium des Hrn. Prof. Berzelius. Es wurde das Metall durch Glühen mit Wasserstoffgas reducirt, und dabei entdeckt, daſs es eine niedere, mit Säuren blaugrüne Lösungen gebende Oxydationsstufe besitzt, und daſs sowohl diese wie das höhere Oxyd in Alkalien löslich ist.

Eine ausführlichere Untersuchung konnte damals anderweitiger Geschäfte wegen nicht angestellt werden; auch war der kleine, nicht 2 Centigramm betragende Vorrath bereits verbraucht worden.

Im Herbste wurden die Versuche in Fahlun wieder aufgenommen und dann im Laboratorium des Hrn. Professor Berzelius weiter fortgesetzt. Dabei wurde das neue Metall zuerst aus dem Stangeneisen dargestellt; allein da die Ausbeute, selbst aus mehreren Pfunden aufgelösten Eisens höchst wenig betrug, so verschaffte ich mir eine Quantität von Stangeneisenschlacken, woraus ich dann eine zu seiner Untersuchung hinreichende Menge erhielt.

Name des neuen Metalls.

Da derselbe an sich gleichgültig ist, so habe ich ihn von *Vanadis* abgeleitet, einem Beinamen der *Freya*, der hauptsächlichsten Göttin in der skandinavischen Mythologie.

Digitized by Google

Darstellung.

Unter mehreren Methoden, welche zur Darstellung des Vanadins aus den Schlacken versucht wurden, ergab sich folgende als die zweckmäſsigste.

Die Stangeisenschlacken reibt man zuvörderst so fein als nöthig ist, um sie durch ein gewöhnliches pferdehaarnes Sieb durchzusieben. Feiner kann sie in ihrem gewöhnlichen Zustande nicht erhalten werden, weil die darin befindlichen Eisenkörner die Pülverung hindern. Um diese fortzuschaffen, wird das durchgesiebte Pulver in einer Porcellanschale mit Wasser angefeuchtet, und darauf rauchende Salpetersäure hinzugesetzt, so viel als nöthig ist, um die Eisenkörner zu oxydiren, dann stellt man die Masse auf eine Kapelle und rührt sie unausgesetzt um, bis die Säure zu wirken aufhört. Sie ist dann fast trokken. Darauf glüht man sie in einer eisernen Pfanne, pülvert sie äuſserst fein, schlämmt sie, bringt sie auf ein Filtrum und wägt sie.

Auf 3 Theile geschlämmter Schlacken nimmt man nun 2 Theile Salpeter und 1 Theil kohlensauren Natrons, pülvert das Ganze wohl und siebt es drei Mal durch. Hierauf bringt man das Gemenge in eine guſseiserne mit einem Deckel versehene Pfanne, und erhält es vier Stunden lang in einem so starken Glühen, als die Pfanne ertragen kann. Statt des Glühens in einem eisernen Gefäſs würde, wenn man mit groſsen Quantitäten arbeitete, das Brennen in einem Calcinirofen vortheilhafter seyn. Ist das Brennen gut gelungen, so hat sich die Masse zu einem festen Klumpen zusammengezogen, der im Bruche dicht und homogen ist.

Die Masse wird sodann sehr fein gepülvert, mit Wasser übergossen und gekocht, am besten in einem silbernen Gefäſse, und mehrere Male. Die abfiltrirte Flüssigkeit sättigt man so genau wie möglich mit Salpetersäure, von der man durch Kochen alle salpetrige Säure ausgetrieben

Digitized by Google

hat, da diese sich sonst auf Kosten der Vanadinsäure oxydirt und sie auf das Oxyd reducirt, welches dann niederfällt. Das, was sonst niederfällt und zum gröſsten Theil aus Kieselsäure besteht, wird durch Filtration abgesondert. Sollte auch etwas Vanadinsäure abgeschieden worden seyn, wie man dieſs an der Ziegelfarbe des Niederschlags auf dem Filtrum sieht, so übergieſst man diesen einige Male mit kaustischem Ammoniak und dann mit siedendheiſsem Wasser.

Aus der durchgegangenen Flüssigkeit wird nun, nachdem sie neutralisirt worden ist, die Vanadinsäure durch Bleizucker oder salpetersaures Bleioxyd gefällt, und der erhaltene Niederschlag auf ein Filtrum gebracht und gewaschen. Nachdem er durch Auspressen vom Wasser befreit ist, übergieſst man ihn mit concentrirter Salzsäure und rührt ihn von Zeit zu Zeit gut um; dann setzt man Alkohol hinzu und stellt das Gemenge auf einige Stunden in eine Temperatur, die fast bis zum Sieden geht. Die blaue Lösung von salzsaurem Vanadinoxyd, Phosphorsäure, Thonerde uud Zirkonoxyd wird in einer Retorte abgedunstet, der Rückstand in Wasser gelöst und mit Salpetersäure versetzt, um das Vanadinoxyd zur Säure zu oxydiren, die man dann mit kohlensaurem Kali sättigt und in einem Platintiegel glüht, bis die Salzmasse vollkommen geschmolzen ist. Darauf löst man sie in möglichst wenig Wasser und thut ein Stück Salmiak in die Lösung. Während dieses sich löst, bildet sich vanadinsaures Ammoniak, welches niederfällt. Dieſs bringt man auf ein Filtrum, wäscht es zur Entfernung der Phosphorsäure mit einer Salmiaklösung, und nimmt nun den Salmiak mit Weingeist fort.

Das erhaltene vanadinsaure Ammoniak giebt nun, bei Erhitzung an offner Luft, Vanadinsäure, und, bei Erhitzung in einer Atmosphäre von Kohlensäuregas, eine niedere Oxydationsstufe, beide so rein, als sie bisher dargestellt werden konnten.

Digitized by Google

Die weitere Untersuchung über diesen Gegenstand hat, zum Gewinn der Wissenschaft und meiner Amtsgeschäfte, Hr. Berzelius die Güte gehabt zu übernehmen.

Inzwischen mag hier noch erwähnt seyn, daſs *Chrom*, *Molybdän* und *Wolfram* diejenigen Körper sind, mit denen das Vanadin verwechselt werden könnte.

Mit Chrom hat es die meiste Aehnlichkeit. Beide färben die Löthrohr-Flüsse mit derselben Nüance grün, und beide geben rothe Säuren, deren Salze eine gelbe Farbe haben, und, in aufgelöster Form mit Säuren versetzt, eine tief rothe Flüssigkeit liefern.

Allein sie sind wesentlich darin von einander verschieden, daſs die chromsäurehaltige Flüssigkeit ihre rothe Farbe beim Verdunsten behält, die von der Vanadinsäure aber beim Erwärmen entweder farblos wird oder die Vanadinsäure in Form eines dunkelrothen, pulverförmigen Stoffes absetzt.

Das Chromoxyd ist grün, in Alkali unlöslich, wird beim Brennen oft dunkelgrün, fast schwarz, und oxydirt sich dabei nicht, löst sich nicht in Wasser, und träge in Säuren.

Das Vanadin giebt auch ein grünes Oxyd, aber dieſs ist löslich in Wasser und Alkali; auch oxydirt es sich beim Glühen und schmilzt dabei, und die geschmolzene Masse ist löslich in Wasser.

Die Chromsäure verliert beim Glühen ihren Sauerstoff und verwandelt sich in Oxyd; die Vanadinsäure dagegen schmilzt zu einer dunkel pomeranzenrothen Flüssigkeit, welche erst in hoher Temperatur einen Theil ihres Sauerstoffs verliert.

Mit Molybdän hat das Vanadin keine andere Aehnlichkeit als die blaue Farbe gewisser Verbindungen. Diese unterscheiden sich aber leicht von den blauen Molybdänverbindungen dadurch, daſs letztere, wenn sie in kleinen Portionen mit Kali versetzt werden, ihre blaue Farbe verlieren und das rothe Hydrat von Molybdänoxyd fallen

Digitized by Google

len lassen, während die Flüssigkeit farblos wird. Aus den blauen Vanadinsalzen dagegen fällen Alkalien ein hellgraues Oxyd, und die obenstehende Flüssigkeit ist, wenn sie überschüssiges Alkali enthält, braun oder grün, je nach dem Oxydationsgrad.

Mit Wolfram ist die Aehnlichkeit noch geringer. Die blauen Verbindungen desselben haben keine Beständigkeit, sein Oxyd verbindet sich nicht mit Säuren, seine Säure ist blaſsgelb und deren Salze mit alkalischer Basis sind farblos.

Stockholm, den 6. Jan. 1831.

Zusatz.

Da man noch kein Mineral kennt, welches wesentlich Vanadin enthält, so wird die vorläufige Nachricht nicht ohne Interesse seyn, daſs Hr. Wöhler dieses Metall bereits in dem, durch Hrn. v. Humboldt zuerst in Europa bekannt gewordenen *braunen Bleierz* von Zimapan in Mexico gefunden hat, in demselben, worin Del Rio das *Erythronium* entdeckt zu haben glaubte. Bekanntlich ist die Eigenthümlichkeit dieses Metalls sowohl von Collet-Descotils (*Ann. de Chim. T. LIII. p.* 260.) als auch vor einigen Jahren von Del Rio selbst (Gilb. Ann. Bd. 71. S. 7.) widerrufen worden; es kann also das Verdienst des Hrn. Sefström hiedurch um so weniger geschmälert werden, als er dasselbe unter weit schwierigeren Verhältnissen in einem Mineralprodukte europäischen Ursprungs entdeckt und zuerst seine Eigenthümlichkeit auſser allen Zweifel gesetzt hat.

P.

Digitized by Google

III. *Ueber die chemische Zusammensetzung des Vesuvians:*
von G. Magnus.

Wenn ich hier einiges über den Vesuvian mittheile, so will ich keinesweges eine vollständige Beschreibung dieses Körpers weder in mineralogischer noch in chemischer Hinsicht liefern, sondern meine Absicht ist nur, einige Versuche anzuführen, die ich unternommen habe, um zu ermitteln, ob der Vesuvian, wie es aus den bisher bekannten Analysen von Klaproth und v. Kobell hervorzugehen scheint, dieselbe Zusammensetzung wie der Granat habe oder nicht. Denn wiewohl es nicht an Beispielen fehlt, daſs ein und derselbe Körper zwei Krystallformen annehmen könne, wie wir dieſs z. B. vom Schwefel und mehreren auch zusammengesetzten Substanzen wissen, so scheinen diese verschiedenen Formen, so weit man sie kennt, auch jedesmal durch eine Verschiedenheit der Umstände bedingt zu seyn, die bei der Bildung derselben obgewaltet haben; entweder durch Verschiedenheit in der Temperatur, bei der die Krystallisation geschehen, oder ob der Krystall aus der geschmolzenen Masse, oder aus einem Auflösungsmittel sich gebildet habe, und dergleichen mehr. Daſs indessen auch bei der Krystallisation des Vesuvians und Granats ähnliche Verschiedenheiten stattgefunden haben, möchte deshalb schwerlich anzunehmen seyn, da wir beide Fossile häufig mit einander, und offenbar gleichzeitig gebildet, nicht auf einander, sondern durch einander gewachsen, und bisweilen in ein und derselben Masse porphyrartig enthalten finden.

Da auſser einer Analyse von v. Kobell*) seit Klaproth keine ausgedehntere chemische Untersuchung die-

*) v. Kobell's Charakteristik der Mineralien, I. Abth. S. 142.

ses Minerals angestellt worden, so dachte ich es als möglich, daſs dasselbe auſser der Kieselsäure noch eine andere Säure enthalte, die den früheren Untersuchungen entgangen wäre. Ich übergoſs deshalb eine Quantität des geschlämmten Vesuvians vom Vesuv in einem Platintiegel mit concentrirter Schwefelsäure, um zu untersuchen, ob derselbe Fluſssäure enthalte; aber ich konnte bei Anwendung aller nöthigen Vorsichtsmaſsregeln keine Spur davon entdecken.

Eine andere Quantität desselben Fossils wurde deshalb mit reinem kohlensauren Natron geschmolzen und aufgeschlossen, und danach sowohl auf Schwefelsäure als auch auf Salzsäure untersucht. Da sich nichts von diesen entdecken lieſs, so wurde ein Theil des geschlämmten Vesuvians vom Vesuv mit kohlensaurem Natron geschmolzen und darauf mit Wasser ausgezogen. Die Flüssigkeit wurde mit Salzsäure versetzt und etwa 24 Stunden unbedeckt hingestellt, damit die Kohlensäure vollständig entweichen konnte; hierauf wurde sie mit kaustischem Ammoniak neutralisirt, in eine Flasche gebracht, und mit einer Auflösung von Chlorcalcium versetzt und darauf verkorkt; es entstand hierdurch ein geringer Niederschlag, der jedoch bei näherer Untersuchung weder Phosphorsäure noch Fluſssäure, sondern nur etwas kohlensauren Kalk und Kieselsäure enthielt. Da v. Kobell*) eine Zeit lang Phosphorsäure in diesem Fossil gefunden zu haben glaubte, wovon er jedoch nachher selbst fand**), daſs sie in dem zur Untersuchung angewandten Kali enthalten gewesen, so wurde die Untersuchung zur Auffindung der Phosphorsäure mehrmals wiederholt, doch konnte ich nie auch nur eine Spur davon entdecken. Da dieselbe, wenn sie in dem Fossile enthalten gewesen wäre, mit der Thonerde hätte verbunden

*) Kastner's Archiv, Bd. VII. S. 399.

**) A. a. O. VIII. 323.

seyn müssen, so dachte ich, daſs vielleicht nicht Kieselerde genug gegenwärtig war, um die phosphorsaure Thonerde zu zerlegen, und stellte den Versuch noch einmal mit der Abänderung an, daſs ich beim Schmelzen des Minerals mit kohlensaurem Natron demselben noch Kieselerde zusetzte, ganz so wie es Berzelius *) beim Wavellit gethan hatte; allein auch hierdurch war keine Phosphorsäure zu finden, wiewohl ich, um meiner Sache ganz gewiſs zu seyn, zu einer solchen Schmelzung 15 Grammen des Vesuvians von Eger, des sogenannten Egeran, anwandte.

Um endlich zu untersuchen, ob etwa Boraxsäure einen Bestandtheil dieses Fossils ausmache, wurde dasselbe durch kohlensaures Natron aufgeschlossen, mit Alkohol übergossen und dieser angezündet, da jedoch hierbei durchaus keine grüne Färbung der Flamme wahrzunehmen war, so sah ich jede weitere Nachsuchung auf Boraxsäure als überflüssig an.

Nachdem ich mich auf diese Weise überzeugt zu haben glaubte, daſs der Vesuvian keine andere Säure als die Kieselsäure enthalte, unternahm ich nun die vollständige Analyse dieses Fossils, wobei ich auf folgende Weise verfuhr. Dasselbe wurde fein geschlämmt, und etwa 2 Grammen davon mit 6 bis 7 Grm. trockenem kohlensauren Natron genau gemengt und in in einem Platintiegel geschmolzen, darauf in verdünnter Salzsäure aufgelöst, und, zur besseren Absonderung der Kieselerde, zur Trockne eingedampft, darauf wieder mit einigen Tropfen Salzsäure befeuchtet in Wasser aufgelöst und die Kieselerde abfiltrirt. Aus der Flüssigkeit wurde darauf durch Ammoniak die Thonerde und das Eisenoxyd ausgefällt, gut ausgewaschen, getrocknet, geglüht und gewogen, dann wieder in Salzsäure aufgelöst und mit kaustischem Kali gekocht, um die Thonerde aufzulösen, die darauf, nachdem das Eisenoxyd abfiltrirt war, aus der alkalischen Auflö-

*) *Annal. de chim. et de phys. T. XII. p.* 15.

Digitized by Google

sung durch Salzsäure niedergeschlagen, in mehr Salzsäure wieder aufgelöst, und aus dieser durch kohlensaures Ammoniak niedergeschlagen wurde. Das Eisenoxyd, welches die Kalilauge ungelöst zurückgelassen hatte, wurde ebenfalls in Salzsäure aufgelöst, und aus dieser, nachdem die Auflösung sorgfältig mit Ammoniak gesättigt worden war, durch bernsteinsaures Ammoniak gefällt.

Nachdem nun die Flüssigkeit, aus der das Eisen durch bernsteinsaures Ammoniak gefällt worden, und die noch Magnesia und Mangan enthalten konnte, zu der hinzugefügt worden war, aus welcher durch ätzendes Ammoniak Thonerde und Eisenoxyd abgeschieden worden waren, so wurde dieselbe mit oxalsaurem Ammoniak versetzt, und so der darin enthaltene Kalk als oxalsaurer Kalk gefällt, und nachdem er wohl ausgewaschen war, durch schwaches Glühen in einem Platintiegel über der Spirituslampe in kohlensauren Kalk verwandelt. Aber um sicher zu seyn, daſs sich hierbei kein Kalk kausticirt hatte, wurde derselbe nach dem Erkalten mit etwas kohlensaurem Ammoniak betröpfelt, und dieſs durch gelindes Erwärmen wieder verflüchtigt. Die vom Kalk abfiltrirte Flüssigkeit wurde nun mit einer Auflösung von kohlensaurem Kali versetzt, bis zur Trockne eingedampft, und dann in warmen Wasser aufgelöst, wobei kohlensaure Magnesia und kohlensaures Mangan zurückblieben, die abfiltrirt und mit warmen Wasser ausgewaschen wurden. Ohne sie zu wägen, wurden beide in Salzsäure wiederum aufgelöst, und nachdem die Flüssigkeit durch Ammoniak neutralisirt worden, das Mangan durch Hydrothion-Ammoniak ausgefällt, stark geglüht und gewogen, weil dasselbe wegen der geringen Menge, die hiervon vorhanden war, ohne einen wesentlichen Fehler zu begehen, als Oxydum manganoso-manganicum betrachtet werden konnte. Die Flüssigkeit wurde bis zur Trockne eingedampft, wodurch das überschüssig zugesetzte Hydrothion-Ammoniak sich verflüchtigte, und dann geglüht, um

allen Salmiak zu verjagen und darauf die zurückbleibende salzsaure Magnesia in schwefelsaures Salz verwandelt, als solches gewogen und daraus der Gehalt an Magnesia berechnet.

Folgendes sind die Resultate der auf diese Weise angestellten Analysen.

1) *Vesuvian vom Vesuv* enthält:

Kieselerde	37,359	worin Sauerstoff	19,4
Thoenrde	23,530	- -	11,4
Eisenoxydul	3,992	- -	0,9
Kalkerde	29,681	- -	8,3
Manganoxydul u. Talkerde	5,208	- -	1,9
	99,771.		29,9

2) *Vesuvian von Slatoust im Ural*, der in kleinen, grünen, durchsichtigen, wohl bestimmbaren Krystallen in einem feldspathartigen Gestein eingesprengt vorkommt, enthält:

Kieselerde	37,178	worin Sauerstoff	19,3
Thonerde	18,107	- -	8,5
Eisenoxydul	4,671	- -	1,1
Kalkerde	35,791	- -	10,0
Talkerde	0,773	- -	0,3
Manganoxydul	1,495	- -	0,3
	98,015		20,2.

3) *Vesuvian vom Bannat*, der in einem blauen Kalkstein, ganz ähnlich wie der Granat, daselbst und häufig mit demselben zusammen vorkommt; von dem indeſs die von mir zur Analyse angewandten Stücke zuvor durch Hrn. Prof. G. Rose krystallographisch untersucht und als Vesuvian erkannt worden waren, enthält:

Digitized by Google

Kieselerde	38,519	worin Sauerstoff		20,1
Thonerde	20,063	-	-	9,4
Eisenoxyd	3,420	-	-	1,0
Kalkerde	32,411	-	-	9,1
Talkerde	2,987	-	-	1,2
Manganoxydul	0,018	-	-	0,0
	97,418			20,7.

Da v. Kobell *), nachdem die angeführten Analysen vollendet waren, gezeigt hat, daſs der Vesuvian, wenn er geschmolzen worden, leicht von Säuren zerlegt werde, so schmolz ich eine groſse Quantität von einem sehr reinen Vesuviankrystalle von Egg, bei Christiansand in Norwegen, in einem Platintiegel in einem gut ziehenden Schmelzofen **). Das Fossil, das vollständig geschmolzen war, hatte sich anscheinend auch nicht im Mindesten verändert, seine Farbe war ganz dieselbe geblieben, nur seine Härte geringer geworden. Bei der groſsen Hitze, die dieser Ofen giebt, hatte sich an einigen Stellen das Platin des Tiegels mit der geschmolzenen Masse vereinigt und sich in dieselbe hineingezogen, weshalb nur Stücke von dem inneren Theile derselben ausgewählt und zur Analyse verwendet werden konnten. Das Fossil, das ungeschmolzen als feinstes geschlämmtes Pulver nicht einmal durch Schwefelsäure nach längerer Digestion zersetzt werden konnte, löste sich, nachdem es geschmolzen worden, gepülvert schon in der Kälte in Salzsäure auf, wobei es sich von selbst bedeutend erwärmte.

Die Analyse des Vesuvians von Egg ergab:

*) Kastner's Archiv, Bd. VII. S. 402.

**) Dies. Annal. Bd. XX. S. 477.

Digitized by Google

Kieselerde	37,658	worin	Sauerstoff	19,8
Thonerde	17,695	-	-	8,2
Eisenoxyd	6,489	-	-	1,9
Kalkerde	31,896	-	-	8,9
Manganoxydul	0,499	-	-	1,0
Talkerde	4,537	-	-	1,7
Kali	Spur			
	98,774			21,7.

Sie war ganz auf dieselbe Art angestellt wie die früheren; da es jedoch nicht nöthig gewesen, ein kohlensaures Alkali zum Aufschlieſsen der Masse anzuwenden, so war es hier leicht zu untersuchen, ob das Fossil selbst ein Alkali enthalte, indem man die bei der Analyse erhaltene schwefelsaure Talkerde mit essigsaurem Baryt behandelte. Hierdurch wurden die Talkerde und das etwa vorhandene Alkali in essigsaure Salze verwandelt. Nach Abscheidung des schwefelsauren Baryts wurde die Flüssigkeit zur Trockne eingedampft und gelinde geglüht, um die essigsauren Salze in kohlensaure zu verwandeln; die kohlensauren Salze wurden mit Wasser behandelt, um das etwa vorhandene kohlensaure Alkali auszuziehen. Es fand sich auch wirklich eine Spur von Kali; doch war diese so unbedeutend, daſs ich mich nicht berechtigt glaube, dieſs als zur chemischen Zusammensetzung des Körpers gehörig zu betrachten. Es darf jedoch nicht mit Stillschweigen übergangen werden, daſs Ficinus *) in dem sogenannten Egeran bis zu 5 Procent Natron gefunden haben will; und es wäre deshalb nicht unmöglich, daſs jene geringe Spur von Kali die Verschiedenheit der Krystallfigur zwischen Granat und Vesuvian hervorbrächte; wiewohl dieſs um so weniger wahrscheinlich erscheint, als die früher durch Aufschlieſsung mit kohlensaurem Natron angestellten Analysen nur so geringe Gewichtsverluste geben, daſs wenn man diese auch ganz aus Alkali

*) Schriften der Dresdner Gesellschaft für Miner. Bd. I. S. 261.

bestehend betrachten wollte, die Quantitäten dennoch so gering seyn würden, daſs man Mühe haben möchte, dieselben in die Formel mit aufzunehmen. Betrachtet man nämlich die oben neben den Bestandtheilen des Fossils berechneten Sauerstoffmengen derselben, so sieht man, daſs der Sauerstoff der Kieselsäure geringer ausfällt als der der sämmtlichen Basen, sollten diese nun durch das hinzukommende Alkali noch vermehrt werden, so würde man genöthigt seyn, ein Subsilicat in dem Fossile anzunehmen, oder einen Theil der Thonerde als Säure zu betrachten, und das Fossil als aus einem Aluminat, verbunden mit einem Silicate, bestehend anzusehen.

Die Formel, welche allein für die oben angeführten Analysen zu passen scheint, ist $\dddot{R}\,\dddot{Si} + \dot{R}^3\,\dddot{Si}$, dieselbe welche Graf Trolle-Wachtmeister *) für die Granate gefunden; mit der auch Klaproth's und v. Kobell's Analysen des Vesuvians übereinstimmen. — Durch welche Verschiedenheit zwischen beiden Fossilien die verschiedenen Krystallformen derselben hervorgebracht werden, bleibt daher bis jetzt noch unerklärt.

Da die erhaltenen Resultate keineswegs so genau mit jener Formel übereinstimmen, als es die angewandten Methoden erwarten lieſsen, so glaubte ich, daſs das Fossil vielleicht noch eine fremde Erde enthalte, die mir bei der Untersuchung entgangen wäre, und da gerade nach Beendigung dieser Analysen Berzelius **) seine Untersuchung über die neu entdeckte Thorerde bekannt gemacht hatte, so glaubte ich mich überzeugen zu müssen, daſs das, was ich für Thonerde gehalten, wiewohl dieselbe beim Krystallisiren mit schwefelsaurem Kali Alaunkrystalle geliefert hatte, nicht möglicherweise Thorerde gewesen sey, die in diesem Falle mit der Thonerde hätte isomorph seyn müssen. Einige vergleichende Versuche,

*) Diese Annalen, Bd. II. S. 1.

**) A. a. O. Bd. XVI. S. 385.

Digitized by Google

die ich mit der von meinen Analysen noch übrig gebliebenen Thonerde, und einer kleinen Quantität mir von Berzelius geschenkten Thorerde anstellte, überzeugten mich bald von der Unrichtigkeit dieser Annahme; doch gaben mir dieselben Veranlassung, einige, wie ich glaube, bisher noch unbekannte Eigenschaften der Thonerde zu beobachten.

Ich habe nämlich gefunden, dafs die Thonerde ganz ähnlich wie die Kieselerde von einer kochenden Auflösung von kohlensaurem Kali oder Natron aufgelöst werde, was, so weit mir bekannt ist, gegen die Angaben aller Lehrbücher ist. Zwar ist diese Auflöslichkeit nicht sehr bedeutend, und findet nur in concentrirten alkalischen Flüssigkeiten statt, jedoch ist sie so unverkennbar, dafs wenn man zu einer kochenden Auflösung von kohlensaurem Kali oder Natron eine Auflösung von Chloraluminium tropfenweise hinzusetzt, man anfänglich gar keinen Niederschlag bemerkt; wenn man aber so lange mit dem Zusetzen fortfährt, dafs die Flüssigkeit durch anhaltendes Kochen nicht wieder klar wird, und man filtrirt dann noch warm, so geht dieselbe zwar ungetrübt durch's Filtrum; allein beim Erkalten trübt sie sich, und setzt Thonerde als einen voluminösen Niederschlag ab, ganz ähnlich wie diefs Karsten *) von der Kieselerde beschrieben hat. Vollständig fällt indefs die Thonerde durch das Erkalten nicht aus, denn neutralisirt man die Auflösung von kohlensaurem Kali oder Natron mit Salzsäure und setzt dann kohlensaures Ammoniak hinzu, so erhält man immer noch eine bedeutende Menge derselben. — Ich glaube, dafs diese Bemerkungen namentlich für den analytischen Chemiker nicht ohne Wichtigkeit sind; da, wenn sie auch nicht auf eine neue Methode zur Abscheidung der Thonerde führen, deren auch überhaupt hinreichende vorhanden sind, sie doch auf manchen Fehler aufmerksam machen, der sich leicht bei Anwendung der-

*) Diese Annalen, Bd. VI. S. 351.

Digitized by Google

selben einschleichen kann. Eben so zeigen sie, daſs der Vorschlag, die Auflöslichkeit der Kieselerde in kohlensaurem Kali als unterscheidendes Kennzeichen derselben von der Thonerde zu benutzen, durchaus unanwendbar sey.

IV. *Ueber die an Krystallen möglicherweise vorkommenden einfachen tessularischen oder regulären Gestalten;*

von August von Strombeck.

Die Lehre von den Krystallen bietet der Mineralogie, bei Bestimmung der Gegenstände, die sie berücksichtigt, einen solchen Schatz von Kennzeichen dar, daſs sie in neuerer Zeit mit Recht für das erste Bedürfniſs der Mineralogen erachtet ist. Sie wurde wichtig, seitdem man fand, daſs die meisten Mineralien, welche in einem gewissen Inbegriffe von Eigenschaften nicht übereinkommen, auch in ihrer Krystallform verschieden sind. Es ergeben sich hieraus treffliche Merkmale zur Unterscheidung der krystallisirten Mineralien, und eine fortgesetzte Beobachtung lieſs bei einigen derselben eine groſse Anzahl von Gestalten erkennen. Wer kennt nicht die fast unzählige Menge von Krystallformen, unter denen uns der gewöhnliche Kalkspath erscheint? Die Natur suchte hierdurch das zu ersetzen, was dem Mineralreiche durch Mangel an Organismus des Thier- und Pflanzenreiches entging, und alle diese drei Theile der Naturgeschichte mit verschiedenen, doch gleich merkwürdigen Eigenschaften auszuschmücken. Ein näheres Studium lehrt, daſs sämmtliche Krystallgestalten, welche an ein und derselben richtig bestimmten Species vorkommen, nach gewissen Regeln verknüpft sind, die ihre Ableitung giebt, Regeln, denen, so

Digitized by Google

allgemein sie selbst sind, bei jeder andern Species andere Verhältnisse zum Grunde liegen, wenn sie nicht etwa im regulären oder tessularischen Systeme krystallisirt ist. Diese Regeln, nach denen man sowohl die gegebenen Gestalten derselben Species zu verknüpfen in Stand gesetzt wird, als auch neue Gestalten aus einer bekannten herleiten kann, sind, wie bekannt, bei den nicht regulären Systemen ziemlich bestimmt und der Willkühr nur wenig unterworfen. Anders ist dieſs bei den regulären oder tessularischen Gestalten selbst. Hier ist die Ableitung der einfachen Gestalten mit ihren Varietäten nur allein durch Annahme der Vergröſserung gewisser Axen zu bewerkstelligen, von der man weiter nichts sagen kann, als daſs sie nach rationalen Gröſsen geschehen muſs.

Als ich bei meiner Anwesenheit zu Wien vor zwei Jahren das Vergnügen hatte, die höchst lehrreichen Vorlesungen des Hrn. Mohs zu besuchen, legte mir dieser die Aufgabe zur Bearbeitung vor: *einen Ausdruck für die in der Natur möglicherweise vorkommenden Krystallgestalten zu suchen.* Da, in sofern sie für die tessularischen Gestalten beantwortet wurde, einige Resultate derselben von Interesse seyn könnten, so ist deren Bekanntmachung vielleicht nicht unangenehm für Diejenigen, welche diesen interessanten Gegenstand weiter bearbeiten wollen, zumal sie ihnen als Antrieb zum weiteren Nachdenken dienen könnte. Sollte ihnen aber dieser Nutzen entgehen, so wird man durch sie, in den beigefügten Täfelchen, wenigstens in Stand gesetzt, auf eine leichte Art die Messungen zu prüfen, welche man an tessularischen Gestalten vorgenommen hat.

Rein mathematisch läſst sich diese Aufgabe nicht lösen, da man findet, daſs nicht alle Gestalten, gleichviel welche Dimensions-Verhältnisse sie besitzen, ohne Unterschied in der Natur vorkommen. So ist unter den hexaëdrischen Pentagonal-Dodecaëdern, die vorzüglich

Digitized by Google

am Schwefelkiese vorkommen, noch nie diejenige Varietät beobachtet worden, an welchen alle Kanten einerlei Gröſse haben, und die mit dem Octaëder das regelmäſsige Icosaëder der Geometrie bildet, eine Combination, die man ihrer Regelmäſsigkeit wegen gerade sehr erwarten könnte. Allein bei einem Dodecaëder sind die trigonometrischen Linien der Kantenwinkel keine rationalen Gröſsen, indem ihr $cos = -\frac{1+\sqrt{5}}{5+\sqrt{5}}$. Da nun aber bei allen tessularischen Gestalten, die bis jetzt in der Natur beobachtet wurden, ohne irgend eine Ausnahme, die Gröſse der Kanten von der Art ist, daſs ihre trigonometrischen Linien rationalen Werthen entsprechen, so schlieſst man jene Gestalt von den in der Natur möglicherweise vorkommenden gänzlich aus, und wir nehmen daher als ersten Hülfssatz zur Lösung der vorliegenden Aufgabe an, *daſs alle an Krystallen vorkommenden tessularischen Gestalten solche Kantenwinkel haben müssen, daſs ihre trigonometrischen Linien rational sind, und daſs alle, die andere besitzen, der Natur fremd bleiben.* Weshalb dieſs sey, das können wir nicht weiter erklären, ohne gleich wieder auf ein Naturgesetz zu kommen. Ein zweiter Satz, den wir hier anwenden, ist, daſs diese trigonometrischen Linien *immer sehr kleine Brüche* sind. Aus mehr als zwei Ziffern, kann man wohl sagen, besteht der Nenner eines solchen Bruches nie, und selbst die so sehr stumpfen Viermalsechsflächner und Dreimalachtflächner, welche sich der Messung fast entziehen, möchten gröſstentheils noch in diesen Grenzen liegen.

Wenn man nun bei der Berechnung der möglichen tessularischen Gestalten diese beiden Bedingungen zum Grunde legt, so bedient man sich mit vielem Vortheile der Gleichungen, die die Beziehungen unter den Kanten der tessularischen Gestalten ausdrücken. (Eine sehr schöne Ableitung dieser Gleichungen vom Hrn. Prof. v. Ettingshausen, s. in dessen Zeitschrift f. Phys. und Mathem.

Digitized by Google

Bd. 4., S. 385.) Diese Gleichungen drücken die Verhältnisse zwischen den Kantenwinkeln aus, und man braucht daher nur zu untersuchen, unter welchen Bedingungen diese rationellen Werthen entsprechen. So läſst sich die Aufgabe auf eine sehr leichte und einfache Art lösen, und wir werden hiernach die Berechnung der tessularischen einfachen Gestalten vornehmen, berücksichtigen aber der Kürze halber nur die homoëdrischen Formen, weil die Viertel und Hälften aus ihnen ohne Schwierigkeit sich darstellen lassen.

1) Die hexaëdrischen Trigonal-Icositetraëder. (Tetrakishexaëder von Weiſs.)

Bei diesen Gestalten findet man die Kantenwinkel A, die mit denen des Hexaëders gleichliegend sind, aus den andern Kantenwinkeln B, durch die Gleichung:

$$\alpha = -2\sqrt{[-\beta(1+\beta)]},$$

wo α und β die *cos.* von A und B vorstellen.

Es kann aber nothwendigerweise α nur dann einen rationalen Werth haben, den die Natur im regulären Systeme immer fordert, wenn die Gröſse unter dem Wurzelzeichen eine Quadratzahl ist. Nur in diesem einzigen Falle wird α nicht irrational. Da nun die Winkel B immer $> 90^\circ$, so kann man β mit $-\frac{x}{n}$ fingiren. Die Bedingungsgleichung, daſs α rational werde, ist dann:

$$\frac{x}{n}\left(1-\frac{x}{n}\right)=y^2,$$

wenn y irgend eine beliebige Zahl bedeutet. Aus dieser Gleichung kann man nun β, das der obigen Forderung entspricht, darstellen, indem man aus ihr n eliminirt. Es ist $n=\frac{x^2+y^2}{x}$, folglich $\beta=-\frac{x^2}{x^2+y^2}$.

Substituirt man dieſs in den Werth von α, so ergiebt sich endlich $\alpha=-\frac{2xy}{x^2+y^2}$.

Für x und y würde man nun jede beliebige Zahl setzen können, wenn A und B oder α und β nicht zwischen gewissen Grenzen liegen, damit sie überhaupt einem Tetrakishexaëder entsprechen. Diese Grenzen, die nicht erreicht werden dürfen, sind für α, 0 und -1; denn bei der ersten Grenze würde $A = 90°$, und daher ein Hexaëder resultiren, während im andern Falle, wo $A = 180°$, ein einkantiges Tetragonal-Dodecaëder (Granatoëder von Weiſs) entstehen würde. Aus denselben Gründen liegt β zwischen $-\frac{1}{2}$ und -1. Hieraus ergiebt sich, daſs x und y jede beliebige ganze positive Zahl bedeuten können, wenn nur $y < x$ ist. Setzt man nun wirklich dergleichen Werthe für sie, so entsteht folgende kleine Tabelle, die man nach Belieben leicht fortsetzen kann.

Man substituire die folgenden Zahlenwerthe für		So ergiebt sich für		Daher das krystallographische Zeichen der entsprechenden Gestalt nach	
x	y	α	β	Weiſs.	Naumann.
* 2	1	$-\frac{4}{5}$	$-\frac{4}{5}$	$(a : 2a : \infty a)$	$\infty O 2$
* 3	1	$-\frac{6}{10}$	$-\frac{9}{10}$	$(a : 3a : \infty a)$	$\infty O 3$
* 3	2	$-\frac{12}{13}$	$-\frac{9}{13}$	$(a : \frac{3}{2}a : \infty a)$	$\infty O \frac{3}{2}$
4	1	$-\frac{8}{17}$	$-\frac{16}{17}$	$(a : 4a : \infty a)$	$\infty O 4$
4	3	$-\frac{24}{25}$	$-\frac{16}{25}$	$(a : \frac{4}{3}a : \infty a)$	$\infty O \frac{4}{3}$
5	1	$-\frac{10}{26}$	$-\frac{25}{26}$	$(a : 5a : \infty a)$	$\infty O 5$
5	2	$-\frac{20}{29}$	$-\frac{25}{29}$	$(a : \frac{5}{2}a : \infty a)$	$\infty O \frac{5}{2}$
5	3	$-\frac{30}{34}$	$-\frac{25}{34}$	$(a : \frac{5}{3}a : \infty a)$	$\infty O \frac{5}{3}$
5	4	$-\frac{40}{41}$	$-\frac{25}{41}$	$(a : \frac{5}{4}a : \infty a)$	$\infty O \frac{5}{4}$
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
x	y	$-\frac{2xy}{x^2+y^2}$	$-\frac{x^2}{x^2+y^2}$	$\left(a : \frac{x}{y}a : \infty a\right)$	$\infty O \frac{x}{y}$

Diese Tafel enthält nun in der dritten und vierten Verticalspalte die *cos.* der Kantenwinkel A und B einiger Tetrakishexaëder, und in der fünften Spalte deren Bezeichnung nach der so sehr bequemen Methode des Hrn. Prof. Weiſs, und in der sechsten Spalte endlich dieselben Zeichen, nur mit der kleinen Veränderung, daſs eine Axe auf 1 reducirt wurde, und wegblieb, so wie Hr. Prof. Naumann in seinen Werken es durchführte. Diese Weiſsischen Zeichen sind so übersichtlich, daſs wir ohne Nachtheil alle übrigen umgehen durften. In ihnen ist alles unmittelbar begriffen, was zur Berechnung der Dimensionen der Gestalten und ihrer Verhältnisse unter einander nöthig seyn kann, und sie entsprechen daher ihrem Zwecke so sehr, daſs kein Grund da ist, ihnen nicht vor allen andern den Vorzug zu geben. — Von den mit Sternchen bezeichneten drei 4-mal 6-Flächner sind die beiden ersten in der Natur, am Fluſsspath, Rothkupfererze, Magneteisenstein, Analcim u. s. w., schon gefunden worden, und der letzte am Granat. Die ihnen zunächst stehenden Varietäten dürfen mehr als andere erwartet werden.

2) Die zweikantigen Tetragonal-Icositetraëder oder Leucitoëder von Weiſs.

Wenn man bei diesen Formen die Gröſse der Kanten B, welche die rhomboëdrischen oder dreiflächigen Ecken mit den prismatischen verbinden, aus den Kanten A berechnen will, welche die pyramidalen und prismatischen Ecken oder zwei vierflächige Ecken verbindet, so dient hierzu die Beziehung:

$$\beta = -\frac{1+\alpha+2\sqrt{-2(1+\alpha)\alpha}}{2},$$

wo β und α wiederum die Cosinus von B und A bedeuten. Damit nun aber der Werth von β rational werden könne, muſs, wie im Vorhergehenden, $2(1+\alpha)\alpha$ eine Quadratzahl seyn. Dieser Fall tritt aber nur ein, wenn

Digitized by Google

wenn $\alpha = -\frac{2x^2}{2x^2+y^2}$, wo x und y ganze Zahlen bedeuten. Dann wird aber $\beta = -\frac{y^2+4xy}{4x^2+2y^2}$ auch einem rationalen Ausdruck entsprechen. Da nun *cos A* zwischen $-\frac{1}{3}$ und -1 liegt, und *cos B* zwischen 0 und -1, damit das zweikantige Tetragonal-Ikositetraëder weder in ein Octaëder noch in ein Hexaëder sich verwandeln, so müssen auch α und β innerhalb dieser Grenze fallen, und daher $y < 2x$ und > 0 seyn. Durch Substitution von dergleichen Zahlenwerthe für x und y erhält man eine Folge möglicher zweikantiger Tetragonal-Ikositetraëder, von denen möglicherweise auch einige an Krystallen aufgefunden werden können.

Angenommen daſs		So ergiebt sich für		Daher das krystallographische Zeichen der entsprechenden Gestalt nach	
x	y	α	β	Weiſs.	Naumann.
* 1	1	$-\frac{2}{3}$	$-\frac{5}{6}$	(a : 2a : 2a)	2O2
2	1	$-\frac{8}{9}$	$-\frac{9}{18}$	(a : 4a : 4a)	4O4
2	3	$-\frac{8}{17}$	$-\frac{33}{34}$	(a : $\frac{4}{3}$a : $\frac{4}{3}$a)	$\frac{4}{3}$O$\frac{4}{3}$
3	1	$-\frac{18}{19}$	$-\frac{13}{38}$	(a : 6a : 6a)	6O6
* 3	2	$-\frac{18}{22}$	$-\frac{28}{44}$	(a : 3a : 3a)	3O3
3	4	$-\frac{18}{34}$	$-\frac{64}{68}$	(a : $\frac{3}{2}$a : $\frac{3}{2}$a)	$\frac{3}{2}$O$\frac{3}{2}$
3	5	$-\frac{18}{43}$	$-\frac{85}{86}$	(a : $\frac{6}{5}$a : $\frac{6}{5}$a)	$\frac{6}{5}$O$\frac{6}{5}$
4	1	$-\frac{32}{33}$	$-\frac{17}{66}$	(a : 8a : 8a)	8O8
4	3	$-\frac{32}{41}$	$-\frac{57}{82}$	(a : $\frac{8}{3}$a : $\frac{8}{3}$a)	$\frac{8}{3}$O$\frac{8}{3}$
4	5	$-\frac{32}{57}$	$-\frac{105}{114}$	(a : $\frac{8}{5}$a : $\frac{8}{5}$a)	$\frac{8}{5}$O$\frac{8}{5}$
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
x	y	$-\frac{2x^2}{2x^2+y^2}$	$-\frac{y^2+4xy}{4x^2+2y^2}$	$\left(a:\frac{2x}{y}a:\frac{2x}{y}a\right)$	$\frac{2x}{y}$O$\frac{2x}{y}$

Die mit Sternchen bezeichneten Varietäten sind an Krystallen vom Fluſsspath, Granat, Analcin, Gold, Silber u. s. w. gemessen, und in den Werken über Krystallographie aufgezeichnet ($\frac{8}{3}O\frac{8}{3}$ führt Naumann in seiner Mineralogie, Berlin 1828, S. 285., beim Fluſsspath an). Es leidet keinen Zweifel, daſs bei fortgesetzter Beobachtung noch einige andere werden gefunden werden, die in der Tafel selbst entweder angegeben sind, oder ihnen doch sehr nahe stehen.

3) Die octaëdrischen Trigonal-Ikositetraëder, Triakisoctaëder von Weiſs.

Es seyen A' und B' die Kantenwinkel an einem zweikantigen Tetragonal-Ikositetraëder, und α' und β' deren Cosinus, so daſs B' diejenigen sind, welche in den rhomboëdrischen oder dreiflächigen Ecken zusammenlaufen. Man findet alsdann:

$$\alpha' = -\frac{5+2\beta'+4\sqrt{(1+\beta')(1-2\beta')}}{9}.$$

Ferner seyen A und B (so wie α und β ihr Cosinus) die zweierlei Kantenwinkel der octaëdrischen Trigonal-Ikositetraëder, so daſs B an den rhomboëdrischen Ecken liegt. Man hat bei dieser Annahme:

$$\alpha = -\frac{-1-4\beta+8\sqrt{(1+\beta)(1-2\beta)}}{9}.$$

In diesen beiden Gleichungen sind die Gröſsen unter dem Wurzelzeichen vollkommen gleich gebildet, und für den Fall, daſs diese Quadratzahlen werden sollen, müssen also auch in beiden gleiche Bedingungen herrschen. Es wurde aber im Vorhergehenden für das zweikantige Tetragonal-Ikositetraëder abgeleitet:

$$\beta' = -\frac{y^2+4xy}{4x^2+2y^2}.$$

Wird nun eben dieser Ausdruck auch bei den octaëdrischen Trigonal-Ikositetraëdern für β gesetzt, so muſs α nothwendigerweise rational werden, und solchen Gestal-

Digitized by Google

ten entsprechen, die an Krystallen vorkommen können. Es ergiebt sich hiernach:

$$\alpha = -\frac{(1 \mp 8)y^2 - (1 \mp 8)2x^2 + (1 \pm 1)8xy}{9(2x^2 + y^2)},$$

d. h. α entweder

$$= -\frac{14x^2 + 16xy - 7y^2}{9(2x^2 + y^2)} \text{ oder } = -\frac{y^2 - 2x^2}{2x^2 + y^2}.$$

Die doppelte Form dieser Gröſse rührt von dem Wurzelzeichen in obiger Gleichung her, und es muſs der jedesmalige mögliche Werth angenommen werden.

Die octaëdrischen Trigonal-Ikositetraëder liegen nun gewissermaſsen zwischen dem Octaëder und dem Rhomben-Dodecaëder, d. h. bei fortwährendem Wachsen oder Abnehmen ihrer Kantenwinkel verwandeln sie sich endlich in diese Gestalten. Die Grenzen (die aber nicht erreicht werden dürfen) der Werthe von α sind demnach $-\frac{1}{3}$ und -1, und von β, $-\frac{1}{2}$ und -1. Für x und y können daher jede beliebige positive ganze Zahlen substituirt werden, wenn nur $x < 2y$ bleibt.

Entwickelt man nach diesen Regeln die Gröſsen α und β, wie in nachstehender Tafel, so erhält man octaëdrische Trigonal-Ikositetraëder, die mit denen einerlei Eigenschaften besitzen, welche in der Natur wirklich beobachtet sind, und von denen vielleicht einige noch gefunden werden können.

Digitized by Google

Angenommen daſs		So ist		Daher das Krystallographische Zeichen der entsprechenden Gestalt nach	
y	x	α	β	Weiſs.	Naumann
1	1	$-\frac{23}{27}$	$-\frac{5}{6}$	(a : a : $\frac{5}{2}$a)	$\frac{5}{2}$O
2	3	$-\frac{97}{99}$	$-\frac{7}{11}$	(a : a : 7a)	7O
* 3	1	$-\frac{7}{11}$	$-\frac{21}{22}$	(a : a : $\frac{3}{2}$a)	$\frac{3}{2}$O
3	2	$-\frac{89}{153}$	$-\frac{33}{34}$	(a : a : $\frac{11}{8}$a)	$\frac{11}{8}$O
3	4	$-\frac{353}{369}$	$-\frac{57}{82}$	(a : a : $\frac{19}{4}$a)	$\frac{19}{4}$O
3	5	$-\frac{527}{531}$	$-\frac{69}{113}$	(a : a : $\frac{23}{2}$a)	$\frac{23}{2}$O
* 4	1	$-\frac{7}{9}$	$-\frac{8}{9}$	(a : a : 3a)	2O
4	3	$-\frac{103}{153}$	$-\frac{16}{17}$	(a : a : $\frac{8}{3}$a)	$\frac{8}{3}$O
4	5	$-\frac{279}{297}$	$-\frac{24}{33}$	(a : a : 4a)	4O
4	7	$-\frac{511}{513}$	$-\frac{32}{37}$	(a : a : 16a)	16O
* 5	2	$-\frac{17}{33}$	$-\frac{65}{66}$	(a : a : $\frac{5}{4}$a)	$\frac{5}{4}$O
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

In dieser Tabelle sind die allgemeinen Ausdrücke des beschränkten Raumes wegen weggelassen. Für α und β sind sie schon gegeben, und die krystallographischen Zeichen lassen sich sehr bequem aus α berechnen. Man hat hier nämlich $m=\sqrt{\frac{1-\alpha}{2+2\alpha}}$, wenn m der Coëfficient ist, welcher bei der Naumann'schen Methode neben O gesetzt wird (s. dessen Grundriſs der Krystallographie, S. 116., wo der Werth von α, dort $\cos z$, durch m ausgedrückt ist). Von den mit Sternen bezeichneten Varietäten kommt 2O ziemlich häufig an Krystallen vor, z. B. am Fluſsspath, Fahlerze, Magneteisen, Schwefelkiese u. s. w., und $\frac{3}{2}$O erscheint als Hälfte $\frac{\frac{3}{2}O}{2}$ z. B. am Fahlerze. $\frac{5}{4}$O aber findet sich oftmals sehr schön und frei von andern Gestalten am Alaun, wenn man denselben aus einer Auflösung anschieſsen läſst, die etwas freie Schwefelsäure enthält. Die Winkel dieser Gestalt sind $A=121°$ und $B=170°$.

Digitized by Google

4) Die Tetracontaoktaëder oder Hexakisoctaëder von Weiſs.

Auch für diese Gestalten lassen sich nach der vorigen Methode die Cosinus berechnen. Es ist für sie:

$$\gamma = -\tfrac{1}{2}\left[1+\beta+2[2\sqrt{(1+\alpha)}+\sqrt{2(1+\beta)}]\sqrt{-(1+\alpha+\beta+\sqrt{2(1+\alpha)(1+\beta)})}\right]$$

wenn α, β, γ die Cosinus der Winkel sind, die zu den längsten, mittleren und kürzesten Kantenlinien gehören. Damit aber dieser Ausdruck rational werde, müssen $1+\alpha$, $2(1+\beta)$ und endlich $-[1+\alpha+\beta+\sqrt{2(1+\alpha)(1+\beta)}]$ Quadratzahlen werden, wo dann die Bedingung, daſs $\sqrt{2(1+\alpha)(1+\beta)}$ rational werde, schon in den beiden ersten liegt. (Strenge genommen müssen nur die beiden Producte von jeder der beiden ersten Gröſsen mit der letzten Quadratzahlen werden.) Es würden demnach hier drei Bedingungen zu erfüllen seyn, während im Vorhergehenden nur immer zwei waren, und auſser den beiden Zahlenreihen x, y noch eine dritte z erforderlich werden. Dieſs würde zu manchen Unbequemlichkeiten führen und wenig Uebersicht gewähren. Deshalb dürfen wir wohl von einer vortheilhaften Einschränkung Gebrauch machen, um so mehr als dieselben in der Natur beobachtet wurden. Wenn nämlich α mit $-\frac{m}{n}$ bezeichnet wird, so ist bei allen an Krystallen gefundenen Hexakisoctaëdern $\beta = -\frac{n-2}{n}$, also $2(1+\beta) = -\frac{4}{n}$. Man setze nun den Zähler von $(1+\alpha)$, d. h. $(n-m) = x^2$, da der Nenner nicht berücksichtigt zu werden braucht, weil er mit sich selbst multiplicirt wird, und an sich schon eine Quadratzahl wird. Desgleichen fingire man den Zähler von $-(1+\alpha+\beta\sqrt{2(1+\alpha)(1+\beta)})$ oder $-(n-m-n-2+2x) = y^2$. Es ergiebt sich sodann

Digitized by Google

$$\alpha = -\frac{y^2+2x+2}{y^2+2x+x^2+2} \text{ und}$$

$$\beta = -\frac{y^2+2x+x^2}{y^2+2x+x^2+2}.$$

Werden diese Gröſsen in den Ausdruck für γ gesetzt, so erhält man ferner:

$$\gamma = -\frac{2xy+2y+1}{y^2+2x+x^2+2}.$$

Bei Berechnung dieser Cosinus muſs man beobachten, daſs $\alpha > -\frac{1}{2}$ und < -1, $\beta > -\frac{1}{3}$ und < -1, so wie $\gamma > 0$ und < -1 ist. In der folgenden Tafel findet man dieselben für einige 48-Flächner, die theils in der Natur schon gefunden, theils ihnen sehr nahe stehen. Schwefelkies, Granat, Analcin, Rothkupfererz, Kobaltkies und Fluſsspath zeigen die mit Sternchen bemerkten Varietäten.

Angenommen daſs		So ergiebt sich			Daher das krystallographische Zeichen der entsprechenden Gestalt nach	
x	y	α	β	γ	Weiſs.	Naumann.
* 1	3	$-\frac{13}{14}$	$-\frac{12}{14}$	$-\frac{13}{14}$	(a : 3a : $\frac{3}{2}$a)	3O$\frac{3}{2}$
* 1	4	$-\frac{20}{21}$	$-\frac{19}{21}$	$-\frac{17}{21}$	(a : 4a : 2a)	4O2
1	5	$-\frac{29}{30}$	$-\frac{28}{30}$	$-\frac{21}{30}$	(a : 5a : $\frac{5}{2}$a)	5O$\frac{5}{2}$
1	6	$-\frac{40}{41}$	$-\frac{39}{41}$	$-\frac{25}{41}$	(a : 6a : 3a)	6O3
2	4	$-\frac{20}{26}$	$-\frac{24}{26}$	$-\frac{25}{26}$	(a : 4a : $\frac{4}{3}$a)	4O$\frac{4}{3}$
* 2	5	$-\frac{31}{35}$	$-\frac{33}{35}$	$-\frac{31}{35}$	(a : 5a : $\frac{5}{3}$a)	5O$\frac{5}{3}$
2	6	$-\frac{42}{46}$	$-\frac{44}{46}$	$-\frac{37}{46}$	(a : 6a : 2a)	6O2
3	5	$-\frac{33}{42}$	$-\frac{40}{42}$	$-\frac{41}{42}$	(a : 5a : $\frac{5}{4}$a)	5O$\frac{5}{4}$
3	6	$-\frac{44}{53}$	$-\frac{51}{53}$	$-\frac{49}{53}$	(a : 4a : $\frac{3}{2}$a)	4O$\frac{3}{2}$
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.

Bei einer näheren Betrachtung der Gestalten, die in den obigen vier Tabellen gegeben wurden, und aus denen leicht ihre Hälften und Viertel abzuleiten sind, findet sich, daſs die Gröſse keiner ihrer Dimensionen oder

sonstigen Verhältnisse nach Potenzen von irgend einer Zahl fortschreiten, wenn man nicht etwa die gewöhnliche Zahlenreihe als eine geometrische Progression ansehen wollte, und daſs daher bei den tessularischen oder regulären Formen nichts dafür spricht, dergleichen Reihen anzunehmen, wie Hr. Mohs für die pyramidalen und prismatischen Gestalten thun zu müssen glaubte. Nehmen wir z. B. die zweikantigen Tetragonal-Ikositetraëder (Leucitkörper), so ist der allgemeine Ausdruck für die Coordinaten ihrer Flächen, wenn x und y die früher bestimmten Zahlen bedeuten, $\frac{2x}{y}$, wenn die 3te gleich der Einheit gesetzt ist, welche Gröſse, wie man sieht, nicht nach Potenzen fortschreitet. Eben so ist das Wachsen oder Abnehmen der rhomboëdrischen oder prismatischen Axen keinem solchen Gesetze unterworfen; denn es ergiebt sich, wenn man in die Formel für die rhomboëdrischen Axen der zweikantigen Tetragonal-Ikositetraëder

$$RZ = \frac{\sqrt{-3\alpha}}{\sqrt{-\alpha} + \sqrt{2(1+\alpha)}}$$

den eben gefundenen allgemeinen Werth von α setzt,

$$RZ = \frac{x\sqrt{3}}{x+y}.$$

Eben so erhält man durch die Gleichung für die prismatischen Axe:

$$PZ = \frac{2\sqrt{-\alpha}}{\sqrt{-2\alpha} + \sqrt{(1+\alpha)}},$$

indem man darin für α jenen Werth setzt,

$$PZ = \frac{2x\sqrt{2}}{2x+y}.$$

Daher könnten die nach Potenzen fortschreitenden Reihen sich auch nicht auf diese Axen beziehen.

Sieht man die einfachen tessularischen Gestalten als Combinationen anderer Systeme an, z. B. als rhomboëdrische, und entwickelt sie als solche, nachdem man sie nach einer rhomboëdrischen Axe aufrecht gestellt hat, so

Digitized by Google

ergeben sich ähnliche Resultate. Jedes zweikantige Tetragonal-Ikositetraëder würde nämlich bei dieser Annahme aus einem stumpferen und einem schärferen Rhomboëder, und einer ungleichschenkligen sechsseitigen Pyramide bestehen. Für die stumpferen Rhomboëder würde sich allgemein die Länge der Axe durch $\frac{2x-y}{(2x+2y)\sqrt{2}}$ *), oder wenn das Hexaëder als das Rhomboëder R mit der Axe $a=\frac{\sqrt{2}}{3}$ angenommen würde, durch $\frac{2x-y}{2x+2y}\,a$ ausdrükken lassen. Für das schärfere Rhomboëder ist bei eben dieser Annahme die Axe $=\frac{2x+y}{\pm 2(x-y)}\,a$. Von den beiderlei Rhomboëdern sind aber auch nur sehr wenige aus der Hauptreihe, wie sich leicht ersehen läſst. Für die ungleichschenklige sechsseitige Pyramide findet man endlich die Länge ihrer Axe $=\frac{\pm 3(3y^2+4xy-4x^2)}{2x(2x+y)\sqrt{2}}$.

Hieraus ist klar, daſs bei allen diesen Axenlängen ein Fortschreiten nach Potenzen von 2, wegen der entstehenden sehr groſsen Anzahl von Nebenreihen, sehr gezwungen seyn möchte. Ueberhaupt stellte Hr. Mohs das Fortschreiten von den Axen der pyramidalen und prismatischen nebst rhomboëdrischen Gestalten, nach Potenzen von $\sqrt{2}$ und 2, zu einer Zeit auf, wo noch wenig Nebenreihen bekannt waren. Allein durch spätere Beobachtungen wurde von diesen eine gröſsere Anzahl erfordert, und hierdurch die Annahme der Reihen sehr beschwerlich und schwankend. Kommt hierzu nun noch, daſs sich gar nichts dem Aehnliches beim regulären oder tessularischen Systeme vorfindet, so scheint es weit angemessener, die Idee der *Reihen* ganz aufzugeben, wenn nicht etwa andere Gründe dem entgegen sind.

*) Diese und die folgenden Gröſsen sind nach den Formeln berechnet, die Hr. Mohs im ersten Theile seines Grundrisses der Mineralogie aufführt.

Digitized by Google

V. *Notiz über den Wörthit, eine neue Mineralspecies;* *von Dr. Heſs.*

(Auszug aus dem *Recueil des actes de la séance publique de l'académie impériale des sciences de St. Petersbourg, tenue le* 29 *December* 1830.)

Im Verlauf des vorigen Sommmers brachte Herr von Wörth, Secretair der St. Petersburger mineralogischen Gesellschaft, von seinen Excursionen unter andern ein Stück Gerölle mit, welches aus mehreren Mineralien zusammengesetzt war, deren Grundmasse aber aus Scapolith bestand. — Unter den übrigen Mineralien fand sich eins, welches Hr. von Wörth nicht zu bestimmen vermochte. Er theilte mir eine Probe davon mit, die einigermaſsen einem farblosen Diaspor glich, vor dem Löthrohr sich aber dadurch bestimmt als eine neue Mineralspecies zu erkennen gab, daſs sie, auſser einem ähnlichen Verhalten wie der Diaspor, von Soda mit einigem Brausen angegriffen wurde. — Der Wörthit ist nur ein Mal in Geröllen gefunden worden, welche wahrscheinlich ihren Ursprung den finländischen oder schwedischen Gebirgen verdanken. Er hat eine blättrig krystallinische Textur (ist nicht in isolirten Krystallen gefunden worden). Er ist weiſs und durchscheinend, seine Lamellen haben einen Glanz gleich dem des Cyanites. Das specifische Gewicht ist 3 . . . ? Ritzt leicht Quarz.

Verhalten vor dem Löthrohr.

Im Glaskolben erhitzt, wird er undurchsichtig und giebt Wasser, welches auf dem Papier keine Reaction zeigt, und verdampft keinen Flecken hinterläſst. Das Phosphorsalz greift er nicht merklich an. Von Borax

Digitized by Google

wird er schwach, aber doch merklich aufgelöst. Von Soda wird er mit leicht zu bemerkendem Aufbrausen angegriffen, die Probe schmilzt aber im stärksten Feuer nicht, die Soda geht in die Kohle und hinterläſst eine weiſse Fritte. Mit Kobaltsolution befeuchtet und stark erhitzt, wird die Probe schön dunkelblau. Bei zwei Analysen, die ich vorläufig anstellte, bekam ich keine übereinstimmenden Resultate, und konnte daraus nur näherungsweise dasselbe aus den Löthrohrversuchen schlieſsen; ich habe daher die beiden Analysen in der citirten Abhandlung gar nicht angeführt. Als aber Hr. von Wörth sich deshalb der mühsamen Arbeit unterzog, einzelne Krystallblättchen abzulösen und jedes mit der Lupe sorgfältig zu prüfen, so wiederholte ich abermals die Zerlegung, weil ich nun sicher war, über ganz reine Stücke zu arbeiten. (Da die Analyse keinen besondern Umstand darbot, und nur Wasser, Kieselerde und Thonerde von einander zu scheiden war, so verweise ich auf die Abhandlung, wo sie mit aller Umständlichkeit angegeben ist.) Ich erhielt nun als Resultat:

	No. I.	Sauerstoffgehalt.	Multipla.	No. II.
Kieselerde	40,58	21,00	5	41,00
Thonerde	53,50	24,98	6	52,63
Talkerde	1,00			0,76
Wasser	4,63	4,11	1	4,63
Spur Eisenoyyd				
	99,71			99,02

Aus dem zusammengesetzten Verhältniſs des Sauerstoffs der Kieselerde zu dem der Thonerde geht deutlich hervor, daſs nicht die ganze Menge der Thonerde mit der Kieselerde verbunden war. Berücksichtigt man noch, daſs das Wasser und die Kieselerde zusammen so viel Sauerstoff enthielten als die Thonerde, so scheint es mir natürlich, anzunehmen, daſs das Mineral aus Thonerdehydrat und kieselsaurer Thonerde bestehe:

$$5\dddot{Al}\,\dddot{Si} + \dddot{Al}\,\dot{H}^3.$$

Berechnet man die Zusammensetzung nach dieser Formel, so erhält man:

		Sauerstoff.	Multipla.
Kieselerde	40,79	21,21	5
Thonerde	54,45	25,42	6
Wasser	4,76	4,2	1
	100,00.		

In dem chemischen System der Mineralogie wird dieſs Mineral wohl keinen andern Platz einnehmen, als neben dem *Cyanit.*

VI. *Versuche zur Bestimmung des absoluten Gewichts des Wassers, der Temperatur seiner gröſsten Dichtigkeit und der Ausdehnung desselben;*

von S. Stampfer.

Profess. der practisch. Geometrie am K. K. polytechnisch. Institute in Wien.

(Im Auszuge aus den Jahrbüchern des K. K. polytechnischen Instituts in Wien, Bd. XVI. S. 1.)

Die vorliegende Arbeit wurde hauptsächlich in der Absicht unternommen, das Gewicht des Wassers mit möglichster Schärfe in Wiener Maaſs und Gewicht festzusetzen, wozu der Punkt der gröſsten Dichtigkeit des Wassers und das Gesetz der Ausdehnung desselben durch die bisherigen Untersuchungen nicht ganz hinlänglich ermittelt zu seyn schienen.

Der Verfasser wählte zu seinen Versuchen das bekannte Verfahren, nämlich die Abwägung eines Körpers von bekanntem Volumen in Wasser. Zu dem Ende lieſs

er in der Werkstatt des K. K. polytechnischen Instituts einen hohlen Cylinder von 3 Zoll Höhe und 3 Zoll Durchmesser aus etwa eine Linie dickem Messingblech verfertigen, so daſs der ganze Cylinder etwa 26 Loth wog. Hohl wurde der Körper gemacht, um das Gewicht desselben zu verringern, und somit die Genauigkeit der Abwägung zu erhöhen, vorzüglich aber, damit derselbe die jedesmalige Temperatur des Wassers leichter und schneller annehme. Bei einem massiven Körper, selbst wenn er von kleinerer Dimension wäre, würde man nicht voraussetzen können, daſs die mittlere Temperatur seiner Masse mit der des umgebenden Wassers ganz gleich sey, auſser die Temperatur bliebe eine bedeutende Zeit hindurch constant, durch welche Berücksichtigung aber die Versuche sehr beschränkt und erschwert werden müſsten.

Der Verfasser bediente sich bei diesen Versuchen einer sehr genauen Wage, welche von Jos. Florenz in Wien verfertigt ist. Der stählerne Balken ist 22 Zoll, die abwärts gehende Zunge 13 Zoll lang, und die Empfindlichkeit so groſs, daſs, bei einer Belastung von *einem* Pfund auf jeder Seite, das Zulegen von $\frac{1}{2}$ Milligramm oder $\frac{1}{8}$ Richtpfennig noch einen deutlichen Ausschlag giebt, daher die Genauigkeit bis auf den millionten Theil der Belastung und darüber getrieben werden kann. Die Wage befindet sich in einem Glaskasten, welchem mittelst eines 13 Zoll langen Senkels für alle Versuche eine und dieselbe Stellung gegen die Verticallinie gegeben wurde.

Ferner wurde ein Kilogramm - Gewichtseinsatz aus Messing gewählt, welcher von Fortin in Paris verfertigt, von Hrn. Lefèvre-Gineau mit einem Certificate versehen, und in der mathematischen Sammlung des K. K. polytechnischen Instituts aufbewahrt ist. Zur Bestimmung der kleinsten Gewichtsdifferenzen dienten eigens an einer sehr guten Granwage verfertigte kleine Gewichtchen von

$\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$ Milligramm. Wird dann dieses gebrauchte Kilogramm-Gewicht mit dem Wiener Pfunde auf's Genaueste verglichen, so können sämmtliche Versuche oder auch nur ihre Resultate auf Wiener Gewicht reducirt werden.

Als Gefäſs für das Wasser diente eine 7 bis 8 Zoll weite und 10 Zoll tiefe Glasglocke, so daſs der in der Mitte hängende Cylinder rings herum von einer wenigstens zwei Zoll dicken Wasserschicht umgeben war. Der Aufhängedraht von Messing war nicht ganz 0,1 Linie dick, und der eingetauchte Theil desselben wurde so oft abgemessen, als sich die Länge änderte. Beim Einsenken des Cylinders wurde alle Vorsicht gebraucht, daſs keine Luft an ihm hängen bleibe; deshalb geschah die Einsenkung so langsam, daſs die Haarröhrchenkraft zur Benetzung der Oberfläche gleichen Schritt halten konnte. Der Aufhängedraht muſs von einerlei Metall mit dem Cylinder seyn, um jede galvanische Wirkung zu vermeiden.

Die Temperatur des Wassers wurde durch zwei Thermometer gemessen, welche einander gegenüber, ganz nahe am Cylinder, so in das Wasser gehangen wurden, daſs ihre Kugeln mit dem Mittelpunkt des Cylinders in einer geraden horizontalen Linie lagen. Jede Thermometerkugel war über einen Zoll von der Wand des Gefäſses entfernt. Die Skalen sind nach Réaumur, und unmittelbar auf die Glasröhren zart eingeschnitten, wozu die Röhren auf der Seite der Theilung plan geschliffen sind. Auf diesen Skalen betragen 11°,6 einen Wiener Zoll; das Ablesen ist daher, besonders wenn die Quecksilbersäule auf einem Theilstrich steht, bis auf wenige Hunderttheile eines Grades sicher. Fällt der Stand eines Thermometers zwischen zwei Theilstriche, so ist zwar die Ablesung minder sicher, weil man den Bruchtheil nach dem Augenmaaſs schätzen muſs; allein selten ist doch hiebei ein Fehler von 0°,05 begangen, und dieser Fehler kann durch mehrmalige Wiederholung des Versuchs noch verringert werden.

Digitized by Google

Volumen des Cylinders.

Soll die Genauigkeit der Bestimmung des Volumens des verdrängten Wassers nur einigermaſsen mit jener im Verhältniſs stehen, welche bei der Abwägung erhalten werden kann, so müssen die Dimensionen des Cylinders mit sehr groſser Schärfe bestimmt werden. Dieser Theil der Aufgabe, das absolute Gewicht des Wassers zu bestimmen, ist eigentlich der schwierigste, und erfordert die gröſste Aufmerksamkeit mit möglichst vollkommenen Hülfsmitteln. Dabei ist die Gröſse des Cylinders selbst nicht gleichgültig; je gröſser man diesen macht, desto gröſser wird auch die Genauigkeit des Resultates seyn, unter der Voraussetzung, daſs die Abmessungen eines gröſseren Cylinders mit derselben Schärfe ausgeführt werden können, wie bei einem kleinen.

Es sey nämlich von einem gleichseitigen Cylinder Durchmesser und Höhe $=d$, Fehler in der Abmessung dieser Dimensionen $=x$, so ist der Fehler im Volumen $=\frac{3}{4}d^2\pi x$, oder dieser Fehler im Verhältniſs zum Volumen des Cylinders $=3\frac{x}{d}$.

Der Fehler verkleinert sich demnach nur im einfachen Verhältniſs, nach welchem die Dimensionen des Cylinders zunehmen. Allein eine Vergröſserung des Cylinders würde wieder neue Fehlerquellen herbeiführen, welche obigen Vortheil, wo nicht ganz vernichten, wenigstens sehr verkleinern würden. Der gröſsere Cylinder kann nicht mit jener Vollkommenheit wie der kleinere ausgeführt werden; bei jenem ist eher eine ungleichförmige Ausdehnung der einzelnen Stellen zu befürchten. Während der Abweichung selbst ist die Voraussetzung, daſs das umgebende Wasser ringsherum eine gleiche Temperatur habe, um so weniger richtig, je gröſser der Cylinder ist. Diese Betrachtungen bestimmten den Verfasser, dem Cylinder nicht über 3 Zoll Durchmesser und

Höhe zu geben, obschon die französischen Gelehrten einen viel gröſseren Cylinder angewandt haben.

Die erste Bedingung zur möglichst scharfen Bestimmung des Volumens ist: daſs der Cylinder selbst möglichst vollkommen gearbeitet sey; daher wurde auf dessen Verfertigung die höchste Aufmerksamkeit verwandt. Er wurde in der Werkstatt des K. K. polytechnischen Instituts auf der vorzüglichen, sogenannten Zapfendrehbank, auf welcher die stählernen Axen für die groſsen astronomischen Instrumente abgedreht werden, von eben demselben Arbeiter verfertigt, welcher die stählernen Axen zu drehen pflegt und hierin eine vorzügliche Geschicklichkeit besitzt. Der Cylinder wurde von 3 Zoll Höhe und Durchmesser gemacht, in soweit dieſs mit freiem Auge und mit einem Zirkel geschehen konnte. Um aber diese Dimensionen mit gröſserer Genauigkeit zu erhalten, wurden an der krummen Seitenfläche drei $\frac{1}{2}$ Zoll breite Leisten von demselben Messing, parallel mit der Axe des Cylinders und ungefähr in gleicher Entfernung unter sich, mit Zinn aufgelöthet, zugleich mit den Grundflächen des Cylinders abgedreht, und auf einer ebenen Glasplatte vorsichtig geschliffen, wodurch die Leisten sehr nahe die Höhe des Cylinders erhalten muſsten. Hierauf wurden die Leisten abgenommen und der Cylinder an der krummen Seitenfläche abgedreht. An dieser wurde nichts mehr geschliffen oder polirt, sondern sie wurde, um die Figur nicht zu verderben, gelassen, wie sie unmittelbar nach dem letzten Abdrehen entstand, wobei nur noch ein äuſserst dünner Span weggeschnitten wurde. Auch wurde die Vorsicht gebraucht, während des Abdrehens den Cylinder nicht mit bloſser Hand zu berühren, weil dadurch eine ungleichförmige Ausdehnung, und somit eine nicht genaue cylindrische Form hätte entstehen können. Obige Leisten hatten die Bestimmung, unter dem Komparator der Normal-Wiener-Klafter abgemessen zu werden, weil der Cylinder unmittelbar nicht unter die Mikroskope ge-

Digitized by Google

bracht werden kann. Mit diesen Leisten sollte dann der Cylinder mittelst eines besonderen Fühlhebel-Apparats verglichen werden.

In der Mitte der krummen Seitenfläche wurde ein, mit einem Löchelchen versehenes messingenes Schräubchen angebracht, um an demselben den Cylinder mittelst eines Drahtes aufhängen zu können. Der Verfaſser zog diese Lage vor, weil beim Einsenken des Cylinders in das Wasser die Luft leichter ausweichen konnte, als wenn derselbe in der Verlängerung der Axe aufgehangen, folglich mit horizontaler Grundfläche eingesenkt würde. Endlich wurde der Körper noch mit Kalkwasser gewaschen, um die Oberfläche von allem fetten Schmutz zu befreien, indem dieser die genaue Adhäsion des Wassers hindern, und dadurch etwas Luft an der Oberfläche hängen bleiben würde.

Die wahre Länge der Leisten wurde nun am Komparator gemessen. Dieſs Instrument enthält die wahre Wiener Klafter, und ist in der mathematischen Sammlung des K. K. polytechnischen Instituts aufgestellt. Die Maaſse sind auf einem Silberstreifen, welcher in einem starken eisernen Prisma eingelassen ist, durch so feine Punkte aufgetragen, daſs diese dem freien Auge gänzlich unsichtbar sind, indem sie im Mittel nur $\frac{1}{800}$ Zoll im Durchmesser haben. Die Eintheilung ist von Linie zu Linie ausgeführt. Die Vergleichungen oder Abmessungen geschehen mittelst zusammengesetzter Mikroskope, welche etwa zwanzig Mal vergröſsern, und wovon eins mit einem beweglichen Mikrometer-Faden versehen ist, dessen Mikrometerscheibe unmittelbar $\frac{1}{1000}$ einer Linie angiebt*).

Nachdem auf diese Weise das wahre Maaſs der drei Leisten mit möglichster Schärfe ausgemittelt war (worüber das Original die Details mittheilt), wurde erst der Cy-

*) Eine nähere Beschreibung dieses Instrumenst ist in Band 2 der Jahrbücher d. K. K. polytechnisch. Instituts enthalten.

Digitized by Google

Cylinder nach Höhe und Durchmesser mit denselben verglichen. Zu diesen Vergleichungen wurde ein eigner Fühlhebel-Apparat angewandt, welcher in der Werkstätte des Instituts mit groſser Vollkommenheit verfertigt worden ist. (Das Original enthält eine Abbildung und Beschreibung der wesentlichsten Theile dieses Instruments; es mag hier die Bemerkung genügen, daſs der Apparat mit drei Fühlhebeln versehen war, von denen zwei, an einem Ende befindlich, mit ihren Armen in einander greifend, der Längenaxe des Instruments parallel lagen, der dritte aber, am andern Ende befindlich, eine senkrechte Lage gegen diese Axe besaſs, und daſs die Fehler der Messungen mit diesem Fühlhebel niemals 0,00062 Zoll überschritten.)

Mittelst dieses Instruments wurde nun zuerst die Höhe des Cylinders am Rande mit den Leisten verglichen. Diese Vergleichungen wurden mehrere Tage lang fortgesetzt, und nie mehr als zwei auf einmal vorgenommen, um die Fehler wegen ungleicher Aenderung der Temperatur zu vermeiden. Dabei wurde die Höhe immer an zwei diametral gegenüberstehenden Randstellen gemessen, und aus beiden Angaben des Fühlhebels das Mittel genommen. Diese Durchmesser, an deren Endpunkten die Höhe genommen wurde, wurden überdieſs an verschiedenen Tagen immer gewechselt. Die Berührungspunkte wurden etwa ½ Linie vom Rande gewählt, und der Cylinder sowohl als die Leisten in solche Lage gebracht, daſs der Fühlhebel ein Minimum des Abstandes der beiden Berührungspunkte angab. Diese (im Original ausführlich enthaltenen) Vergleichungen ergaben die mittlere Höhe des Cylinders am Rande bei +13° R.

aus der Leiste I.	=3,003318	Zoll
- - - II.	=3,003305	-
- - - III.	=3,003312	-
im Mittel	=3,003312	Zoll

den mittleren Durchmesser des Cylinders bei +13° R.

aus der Leiste	I.	= 2,998167	Zoll
- - -	II.	= 2,998154	-
- - -	III.	= 2,998171	-
im Mittel		= 2,998164	Zoll.

Es wurden nun, nachdem die Hauptdimensionen des Cylinders ausgemittelt waren, einige Untersuchungen über die Vollkommenheit seiner Form angestellt. Es zeigte sich bald, daſs die Höhe am Rande nicht ringsherum gleich sey, sondern daſs an zwei diametral gegenüberstehenden Punkten ein Minimum und Maximum stattfinde. Die Vergleichung dieser zwei Stellen gab zwischen der gröſsten und kleinsten Randhöhe im Mittel aus mehreren Messungen eine Differenz von 0,000245 Zoll, was einer Neigung der beiden Grundflächen von 17 Secunden entsprechen würde.

Wenn bei jeder Grundfläche alle Punkte des Randes in einerlei Ebene liegen, so giebt das Mittel aus zwei in einem beliebigen Durchmesser gemessener Randhöhen jedesmal die mittlere Höhe am Rande. Nun wurde bei Vergleichungen der Leisten mit der Randhöhe letztere immer als Mittel zweier Messungen erhalten, die in einem beliebigen Durchmesser vorgenommen wurden, und die gute Uebereinstimmung der Differenzen beweist, daſs der Rand einer jeden Grundfläche so nahe in einer Ebene liegt, daſs die Abweichungen am Doppel-Fühlhebel nicht entschieden merklich sind.

Eine Reihe von Vergleichungen zwischen verschiedenen Durchmessern derselben Grundfläche zeigte den Cylinder an beiden Grundflächen so vollkommen kreisrund, daſs eine Abweichung von 0,00001 Zoll sehr unwahrscheinlich ist. Eine ähnliche Reihe von Vergleichungen wurde zwischen den Durchmessern beider Grundflächen angestellt, und daraus ergab sich, daſs der Cylinder an der einen Grundfläche etwa um 0,000017 Zoll dicker als an der andern sey.

Digitized by Google

Die Vollkommenheit, welche der Cylinder von der Drehbank erhielt, iſt demnach gewiſs vorzüglich, und ſelbst die äuſserst geringe Differenz von 0,000017 Zoll würde ſich ſchon dadurch erklären laſſen, daſs der Cylinder um 0°,2 R. wärmer oder kälter geworden ſey, während der Meiſsel die Seitenflächen deſſelben durchlief, oder auch dadurch, daſs die Schneide des Meiſsels ſich während der Bewegung von einem Ende zum andern um 0,000017 Zoll abſtumpfte. Um die letztere Fehlerquelle zu vermeiden, werden die ſtählernen Axen der mathematiſchen und aſtronomiſchen Inſtrumente mit Diamanten abgedreht.

Eine weitere Unterſuchung wurde darüber angeſtellt, ob die beiden Grundflächen des Cylinders auch vollkommen plan ſeyen, weil ſelbst eine kleine Abweichung einen merklichen Einfluſs auf das Volumen haben kann. Es wurde daher eine Reihe von Vergleichungen am Fühlhebel-Apparat angeſtellt, zwiſchen der Höhe am Rande, an der Axe, und in der Mitte zwiſchen Rand und Axe, wobei dieſe Punkte jedesmal in einerlei Durchmeſſer genommen wurden. Aus 13 Verſuchen folgt die Axe um 0,000460 Zoll länger als die mittlere Randhöhe; ferner aus 10 Verſuchen die Axe um 0,000146 Zoll länger als die mittlere Höhe in der Mitte zwiſchen Rand und Axe. Die Grundflächen ſind demnach beim Abſchleifen etwas convex geworden, und da beide Flächen wechſelsweiſe auf derſelben Grundfläche geſchliffen wurden, ſo werden ſie auch ſehr nahe gleiche Convexität erhalten haben.

Die beobachtete Höhe des Curvenſegments an der Axe iſt $=0{,}00023$ Zoll, dieſelbe in der Mitte zwiſchen Rand und Axe $=0{,}000157$ Zoll. Iſt die Krümmung ſphäriſch, ſo muſs letztere Gröſse $\frac{3}{4}$ der erſten, oder $=0{,}000168$ Zoll ſeyn. Der Unterſchied iſt ſo unbedeutend, daſs das Segment ohne allen merklichen Fehler als ſphäriſch berechnet werden kann. Nun iſt der Inhalt eines Kugelſegments (deſſen Höhe $=x$, halbe Corde

Digitized by Google

$= y$ ist) $= \frac{1}{2}\pi x(y^2 + \frac{1}{8}x^2)$, wofür im gegenwärtigen Fall, weil x gegen y sehr klein ist, setzen können $= \frac{1}{2}\pi y^2 x$.

Für gegenwärtigen Fall ist $x = 0{,}000230$ Z., $y = \frac{3}{2}$ Zoll, wodurch man für die Summe beider Segmente 0,00162 Kubikzoll erhält. Der Krümmungshalbmesser dieser Segmente beträgt 815 Fuſs.

Der Cylinder wurde bei 15° R. luftdicht geschloſsen. Ob er aber wirklich ganz luftdicht sey, muſste untersucht werden. Die erste Probe bestand darin, daſs der Verfasser den Cylinder an der Wage in's Gleichgewicht brachte, hierauf denselben um etwa 20° langsam erwärmte, und abermals an die Wage brachte. Zwei auf diese Weise angestellte Versuche entschieden die Sache nicht gehörig, indem der Cylinder wohl um etwas, aber bei weitem nicht um so viel leichter war, als er hätte seyn müssen, wenn die eingeschlossene erwärmte Luft ungehindert hätte austreten können. Der Verfasser wählte demnach eine andere Prüfungsmethode, senkte den abgekühlten Cylinder schnell in heiſses Wasser, und gab genau Acht, ob an keiner Stelle desselben Luftbläschen sich hervordrängten. Wirklich zeigten sich an mehreren Stellen der Verlöthung kleine Bläschen, und man konnte deutlich bemerken, wie sie aus äuſserst kleinen Oeffnungen hervortraten. Es war demnach entschieden, daſs der Cylinder nicht vollkommen luftdicht sey. Da an der Auſsenseite nichts mehr vorgenommen werden durfte, so wurde der Cylinder inwendig mit dem Schelllackfirniſs überzogen, mit dem die Mechaniker die Messingarbeiten überziehen. Es wurde nämlich bei der Oeffnung des Aufhängschräubchens etwas flüssiger Firniſs in den gehörig erwärmten Cylinder gegossen und damit herumgeschüttelt. Als hierauf der Cylinder abermals bei 15° R. geschlossen, und der Probe mit heiſsem Wasser unterworfen wurde, zeigte sich keine Spur eines Luftbläschens mehr.

Digitized by Google

Die im Cylinder eingeschlossene Luft ist bei +15° R. mit der äuſseren im Gleichgewicht; bei jeder anderen Temperatur ist aber dasselbe gestört, und es muſs ein mit der Temperaturdifferenz zunehmender Druck auf die Wände entstehen. Dadurch wird aber eine Biegung der Böden veranlaſst, und das Volumen des Cylinders geändert. Es war demnach nothwendig, über diesen Punkt einige Versuche anzustellen. Zu diesem Zweck wurde der Doppelfühlhebel mittelst eines dreifüſsigen Gestells von Messing so auf die horizontale Bodenfläche des Cylinders gesetzt, daſs die drei Füſse des Gestells am Rande aufstanden, während der Berührungspunkt des Hebels sich in der Mitte befand. Nun wurde in der Mitte ein Druck mit verschiedenen Gewichten angebracht, wobei dann der Fühlhebel die jedesmalige Senkung des Bodens angab. Die Versuche sind folgende:

Druck:	1 Pfd.;	Senkung des	Fühlheb.:	0,33 F.*),	aus	4 Vers.
-	2 -	-	-	0,76 -	-	4 -
-	3 -	-	-	1,24 -	-	5 -
-	4 -	-	-	2,00 -	-	3 -

Ganz dieselben Werthe ergaben sich auch für die zweite Bodenfläche. Bezeichnet man die Zahlen der zweiten Spalte mit y, die der ersten mit x, so wird y sehr nahe durch die Gleichung ausgedrückt:

$$y = 0{,}27\,x + 0{,}05\,x^2.$$

Nun leidet jede Bodenfläche bei der Temperatur t einen auf ihr gleichförmig vertheilten Druck von 0,3706 $(t - 15°)$ Wiener Pfund.

Nimmt man an, daſs dieser gleichförmig vertheilte Druck doppelt so groſs seyn müsse, um dieselbe Senkung des Bodens, wie ein im Mittelpunkt allein angebrachter, hervorzubringen, und setzt man die Krümmung sphärisch voraus (beide Voraussetzungen können ohne

*) Der Werth eines Theilstrichs F am Fühlhebel beträgt 0,000056 Zoll.

Digitized by Google

merklichen Fehler gemacht werden), so erhält man folgende

Verbesserung des Volumens:

—0,00045	Kbzll. für Temper. des Cylinders	0° R.
—0,00026	- - - - -	5
—0,00011	- - - - -	10
0,00000	- - - - -	15
+0,00011	- - - - -	21
+0,00026	- - - - -	25
+0,00045	- - - - -	30

Genau genommen, sollte hiebei auch der Barometerstand berücksichtigt werden, und deshalb wurde derselbe auch an den Beobachtungstagen notirt. Die Differenzen gegen jenen, bei welchem der Cylinder geschlossen wurde, sind jedoch durchgehends gering, indem sie nur ein Mal über $\frac{1}{4}$ Zoll gehen. Eine Differenz von $\frac{1}{4}$ Zoll im Barometerstande würde aber einen Druck von 0,37 Pfund auf jede Bodenfläche des Cylinders, und dadurch eine Aenderung von 0,00004 Kubikzoll im Volumen veranlassen. Der Verfasser hat deshalb diese Verbesserung vernachlässigt, da sie gröſstentheils kleiner als 0,00004 Kubikzoll ist, und selbst diese das specifische Gewicht des Wassers nur um 0,000002 ändern würde.

Endlich wird eine ähnliche Correction noch durch den Druck des umgebenden Wassers auf den Boden des Cylinders veranlaſst; allein sie ist äuſserst gering, und beträgt höchstens —0,00003 Kubikzoll. Diese Correction ist für alle Versuche sehr nahe constant, und hat deshalb nur auf die Bestimmung des absoluten Gewichts des Wassers einen Einfluſs, der aber wenigstens 30 Mal kleiner ist als jener, welcher von den Fehlern in den Abmessungen des Cylinders abhängt. Noch muſs eine Verbesserung des Volumens wegen des Schräubchens und des eingetauchten Theiles des Aufhängdrahtes erwähnt werden. Der vorstehende Theil des ersten ist nach mikroskopischen Messungen =0,00052 Kubikzoll. Der Auf-

Digitized by Google

hängdraht wurde oft gewechselt, und jedes Mal die Länge des eingetauchten Theiles gemessen, wodurch das Volumen desselben gegeben war, indem man früher das Volumen des Drahts von einem Zoll Länge durch das Gewicht bestimmt hatte.

Einen wesentlichen Einfluſs auf das Volumen des Körpers hat die Ausdehnung des Cylinders durch die Wärme, so zwar, daſs selbst ein geringer Fehler hierin eine nicht unbedeutende Aenderung im Volumen hervorbringt, wenn die Temperatur von +13° R. ziemlich entfernt ist. Der Verfasser stellte deshalb eine eigene Reihe von Versuchen am Fühlhebel-Apparat über die Ausdehnung des Messings an, dazu wurde eine etwa 1 Zoll breite und 25 Zoll lange Schiene von demselben Messing (sogenannten Tafelmessing) gewählt, aus welchem der Cylinder verfertigt worden, und vorher ausgeglüht, da auch der Cylinder beim Löthen ausgeglüht worden war. Die Schiene wurde in einen passenden Trog von Eisenblech so eingesetzt, daſs ihre Enden zu beiden Seiten durch entsprechende Oeffnungen der Wände gingen, und etwa eine Linie weit vorstanden. Die Oeffnungen wurden durch einen weichen Kitt gegen das Austreten des Wassers geschlossen, ohne daſs dadurch der Ausdehnung ein merkliches Hinderniſs entgegenstand. Der Trog wurde wechselsweise mit heiſsem und kaltem Wasser gefüllt, und die Temperatur desselben durch zwei Thermometer gemessen. Die Versuche, bei welchen die Temperaturdifferenz von 30° bis 50° R. betrug, wurden an drei verschiedenen Tagen angestellt, und gaben ein Mittel aus 10 Versuchen für die Ausdehnung des Messings von 0° bis 80° R.:

$$0{,}001920$$

mit einer wahrscheinlichen Unsicherheit $= \pm 0{,}000002$ (das gröſste Resultat war 0,001933, das kleinste: 0,001905).

Eine so groſse Genauigkeit wird jedoch das Endresultat kaum haben, weil noch ein kleiner constanter Feh-

Digitized by Google

ler, wegen etwaiger Unvollkommenheit der gebrauchten Thermometer, oder auch daher entstehen konnte, daſs die vorstehenden Enden der Messingschiene nicht ganz die Temperatur des übrigen im Waſser befindlichen Theils hatten. Letzterer Umstand würde die gefundene Ausdehnung noch etwas vergröſsern und läſst sich ungefähr in Rechnung bringen. Allein, da diese Verbesserung in jedem Falle nur ganz gering seyn kann, so hat der Verfasser sie weggelassen.

Es ist demnach die Ausdehnung des Messings, woraus der Cylinder besteht, für 1° R. = 0,000024.

Reducirt man mittelst dieser die oben gefundenen Dimensionen des Cylinders, welche demselben bei + 13° R. zukommen, so folgt bei 0° R.

mittlere Randhöhe	=	3,002375	Zoll
mittlerer Durchmesser	=	2,997229	-
Hieraus Kubikinhalt	=	21,18335	Kubikzoll.
Die Segmente der convexen Grundfläche	=	0,00162	-
Mithin Volumen des Cylinders bei 0°	=	21,18497	-
und bei t° R.	=	21,18497 $(1+0{,}000024\,t)^3$	

Da jedoch bei den folgenden Vergleichen t nicht über 26° R. geht, so können die höheren Potenzen von t ohne merklichen Fehler vernachlässigt werden, und man erhält:

Volumen bei t° R. $= 21{,}18497 + 0{,}001525\,t$ Kubikzoll.

Dazu ist noch die Verbesserung hinzuzufügen, welche von der Biegung der Böden durch den ungleichen Druck der Luft abhängt, so wie jene, welche von dem Aufhängschräubchen und dem Aufhängdraht veranlaſst wird.

Die Versuche.

Zu den Abwägungsversuchen wurde destillirtes Wasser verwendet, welches der Verfasser aus dem Laboratorium der allgemeinen technischen Chemie am K. K. polytechnischen Institute erhielt, wo dasselbe auch jedes

Digitized by Google

Mal ausgekocht wurde. Dieses Auskochen geschah meistens in der Glasglocke selbst, in welcher die Abwägung vorgenommen wurde, um das Aufnehmen von Luft während des Umschüttens zu vermeiden. Das Wasser wurde wenigstens eine halbe Stunde im Sieden erhalten, und dabei zugedeckt, um dasselbe gegen Staub und Asche zu schützen. Einige Male wurde das Wasser in einem Glaskolben ausgekocht, aus diesem siedend in die Glasglocke geschüttet, und in dieser noch einige Minuten kochen gelassen. Die Versuche zeigten keinen merklichen Unterschied zwischen beiden Verfahrungsarten des Auskochens. Mit diesem Wasser wurden die Versuche zwei, selten drei Tage fortgesetzt, dann aber wieder neues, frisch ausgekochtes Wasser genommen.

Um die Versuche für verschiedene Wärmegrade des Wassers zu erhalten, wurde dieses bei einer Temperatur an die Wage gebracht, welche um einige Grade höher oder tiefer als die der umgebenden Luft war, so daſs während der Beobachtungen die Temperatur des Wassers sich nach und nach jener der Luft näherte. Es ist indeſs sehr schwierig, die ganze, den Cylinder umgebende Wassermenge in eine gehörig gleiche Temperatur zu versetzen, oder die mittlere Temperatur derselben genau auszumitteln, weshalb auch mehrere Versuche als minder brauchbar verworfen werden muſsten, und nur den Nutzen gewährten, daſs sie zur Uebung dienten. In einer horizontalen Schicht zeigte sich kein merklicher Temperaturunterschied, indem zwei Thermometer, wovon das eine nahe an der Wand des Gefäſses, das andere in der Mitte desselben hing, ganz gleichen Stand zeigten, wenn ihre Kugeln in einer horizontalen Linie sich befanden, die Temperatur der umgebenden Luft mochte auch 10° von der des Wassers verschieden seyn. Allein in verticaler Richtung ist die Temperatur des Wassers nur dann vollkommen gleich, wenn dasselbe mit der umgebenden Luft gleiche Wärme hat. Ist dieſs nicht der Fall, so sind

Digitized by Google

auch die über einander liegenden Wasserschichten von ungleicher Temperatur, und das Wasser ist in beständiger Bewegung, indem durch die Einwirkung der Luft auf die oberste Schicht diese eine von dem unteren Wasser verschiedene Temperatur erhält, wodurch das specifische Gewicht verändert, und das Gleichgewicht gestört wird. Je näher die Temperatur des Wassers jener der Luft kommt, desto genauer ist der Versuch, und es ist deshalb sehr schwer, die Versuche mit gleicher Schärfe über 25° oder 30° auszudehnen.

Andere Physiker haben bei solchen Versuchen das Wasser dadurch in verschiedene Temperaturen gebracht, daſs sie das Gefäſs desselben in ein gröſseres Gefäſs setzten, und letzteres mit Wasser von verschiedener Wärme, mit Schnee oder anderen kaltmachenden Mischungen füllten. Allein sicher tritt auch hier der vorhin erwähnte Uebelstand ein, sobald die Temperatur der umgebenden Luft von jener des Wassers bedeutend verschieden ist; und es kann eine zweite Fehlerquelle noch dadurch entstehen, daſs auch das umgebende Wasser in verschiedenen Tiefen eine ungleiche Temperatur annimmt.

Der Verfasser unternahm daher die Versuche, um eine vollständige Reihe derselben von 0° bis 25° zu erhalten, zu verschiedenen Jahreszeiten, und suchte auf diese Weise die jedesmalige Temperaturdifferenz zwischen Wasser und Luft möglichst klein zu machen. Bei einigen Versuchen wurde diese Absicht auch durch zweckmäſsige Heitzung des Zimmers erreicht. Die Uebereinstimmung der unter den zu einerlei Temperatur gehörigen, aber zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Umständen angestellten Versuchen zeigt, daſs die noch vorhandenen Fehler nur ganz gering seyn können. Indeſs hängen diese Fehler von der Lage der Thermometer ab. Befinden sich diese in jener Wasserschicht, welche genau die mittlere Temperatur der den Cylinder umgebenden Wassermasse besitzt, so werden die Fehler ganz vermieden. Der Verfasser

Digitized by Google

brachte die beiden Thermometer jedes Mal in jene horizontale Wasserschicht, welche durch den Mittelpunkt des Cylinders ging, und er schlieſst daraus, daſs die in Rede stehenden Fehler höchstens die sechste Decimalstelle im specifischen Gewicht des Wassers afficiren, so lange die Differenz der Temperatur des Wassers und der umgebenden Luft nicht über 8° beträgt.

Bei der Abwägung des Cylinders im Wasser wurde so verfahren. Durch Wegnahme oder Zulegung von kleinen Gewichten wurde das Gleichgewicht etwas gestört, hierauf die Zeit des scharfen Einspielens der Zunge abgewartet, und für diesen Moment der Stand der beiden Thermometer im Wasser, die Temperatur der umgebenden Luft, die Summe der Gewichte in der Schale, und die Uhrzeit aufgeschrieben. Diese Operation wurde in der Nähe eines ganzen Grades der im Wasser befindlichen Thermometer mehrmals wiederholt, und aus den einzelnen Beobachtungen das Mittel genommen. Diese Mittelwerthe sind in der folgenden Tafel angeführt. Die Angabe der Zeitmomente hielt der Verfasser für zweckmäſsig, um daraus die Geschwindigkeit der Temperaturänderung des Wassers und die Zwischenzeit der Versuche ersehen zu können.

Digitized by Google

1829.	No.	Uhrzeit.	Gewicht in der Schale.	Thermometer im Wasser. I.	Thermometer im Wasser. II.	Umgebende Luft.	Zahl der Beob.
			Grm.				
12. März	1	8h 8' Morg.	2,1404	0°,00	— 0°,09	+ 6°,0	5
	2	9 27	2,0757	1 ,15	+ 1 ,10	6 ,5	3
	3	10 24	2,0310	2 ,16	2 ,10	7 ,0	3
	4	11 18	1,9990	3 ,05	3 ,01	7 ,7	2
	5	12 37	1,9715	4 ,08	4 ,05	8 ,3	2
	6	2 30 Ab.	1,9502	5 ,22	5 ,17	8 ,3	2
	7	4 14	1,9145	6 ,00	5 ,96	8 ,2	2
21. März	8	7h 37' Morg.	1,9822	2°,68	2°,62	7°,1	6
	9	9 8	1,9497	3 ,81	3 ,79	8 ,0	4
	10	10 27	1,9253	5 ,00	4 ,99	9 ,0	3
	11	11 52	1,9177	5 ,97	5 ,95	9 ,2	6
	12	2 57 Ab.	1,9167	7 ,05	7 ,05	9 ,5	2
	13	8 50	1,9234	7 ,86	7 ,85	8 ,5	7

Digitized by Google

1829.	No.	Uhrzeit.	Gewicht in der Schale.	Thermometer im Wasser. I.	Thermometer im Wasser. II.	Umgebende Luft.	Zahl der Beob.
			Grm.				
26. März	14	5h 0' Ab.	2,1420	13°,91	+13°,90	+ 9°,5	5
	15	8 30	1,9952	10 ,66	10 ,65	8 ,7	5
27. -	16	7 8 Morg.	1,9850	2 ,60	2 ,56	7 ,3	3
	17	7 30	1,9753	2 ,93	2 ,87	7 ,5	3
	18	9 20	1,9422	4 ,11	4 ,07	8 ,1	4
	19	10 50	1,9258	5 ,04	5 ,02	8 ,9	3
	20	12 20	1,9180	5 ,98	5 ,95	9 ,2	3
	21	4 50 Ab.	1,9180	7 ,19	7 ,17	8 ,8	2
28. -	22	12 30	1,9505	9 ,17	9 ,15	8 ,6	4
3. Mai	23	6h 42' Morg.	0,6397	8°,81	8°,80	14°,0	8
	24	7 50	0,6660	9 ,95	9 ,95	14 ,8	4
	25	11 14	0,7744	12 ,73	12 ,74	16 ,1	5
	26	6 40 Ab.	0,8665	14 ,34	14 ,36	15 ,8	2
27. -	27	7 5 Morg.	0,6715	9 ,00	8 ,97	14 ,3	6
	28	8 48	0,7239	10 ,77	10 ,75	15 ,3	4
	29	10 50	0,7811	12 ,20	12 ,19	15 ,8	4
	30	12 55	0,8225	13 ,07	13 ,07	16 ,0	5
28. -	31	11 15	0,9567	15 ,25	15 ,26	17 ,3	3

1829.	No.	Uhrzeit.	Gewicht in der Schale.	Thermometer im Wasser. I.	Thermometer im Wasser. II.	Umgebende Luft.	Zahl der Beob.
			Grm.				
3. Sept.	32	12h 5' Ab.	6,1700	29°,11	+29°,16	+17°,0	8
	33	1 50	5,5200	24 ,18	24 ,20	16 ,5	4
	34	2 7	5,4283	23 ,35	23 ,38	16 ,5	6
	35	8 0	4,8937	18 ,00	18 ,00	16 ,1	4
4. -	36	6 50 Morg.	4,5081	12 ,18	12 ,21	15 ,7	4
	37	8 30	4,5465	13 ,02	13 ,02	16 ,0	4
	38	11 40	4,6113	14 ,10	14 ,13	16 ,3	3
	39	2 0 Ab.	4,6370	14 ,53	14 ,55	16 ,0	2
5. Sept.	40	12h 4'	6,3620	30°,46	—	17°,1	10
	41	2 15	5,5158	24 ,10	24°,10	17 ,0	6
	42	5 15	5,0634	19 ,85	19 ,87	16 ,7	7
	43	8 10	4,8692	17 ,63	17 ,64	16 ,3	5
6. -	44	8 20 Morg.	4,4727	11 ,28	11 ,28	15 ,0	6
	45	9 40	4,5072	12 ,18	12 ,08	15 ,5	4
7. -	46	9 26	4,6566	14 ,87	14 ,85	16 ,4	5

1829.	No.	Uhrzeit.	Gewicht in der Schale.	Thermometer im Wasser. I.	Thermometer im Wasser. II.	Umgebende Luft.	Zahl der Beob.
			Grm.				
7. Nov.	47	12h 45' Ab.	41,3414	26°,85	+26°,91	+15°,8	7
	48	1 2	41,2250	25 ,93	25 ,94	15 ,1	4
	49	2 56	40,7317	21 ,62	21 ,65	13 ,0	6
8. -	50	10 10 Morg.	39,8739	5 ,84	5 ,80	9 ,0	5
	51	11 9	39,8692	6 ,48	6 ,47	11 ,8	3
	52	11 47	39,8679	7 ,00	7 ,00	10 ,5	3
9. -	53	10 43	39,8788	8 ,07	8 ,08	8 ,8	3
	54	2 48 Ab.	40,0787	13 ,65	13 ,63	10 ,8	3
10. -	55	9 50 Morg.	39,8890	8 ,55	8 ,55	8 ,8	2
	56	12 11 Ab.	40,4070	18 ,20	18 ,20	12 ,7	4
	57	2 53	40,1530	14 ,83	14 ,78	10 ,9	3
11. Nov.	58	12h 57' Ab.	41,2480	26°,11	26°,04	13°,2	4
	59	2 40	40,6175	20 ,52	20 ,48	10 ,9	8
	60	4 3	40,3550	17 ,60	17 ,55	10 ,3	2
12. -	61	10 3 Morg.	39,8927	8 ,73	8 ,72	8 ,8	2
	62	11 43	40,4472	18 ,67	18 ,63	11 ,6	5
	63	12 16 Ab.	40,3572	17 ,58	17 ,58	10 ,8	4
	64	2 44	40,0988	13 ,92	13 ,90	9 ,8	5
13. -	65	9 8 Morg.	39,8840	8 ,05	8 ,02	8 ,0	2

1829.	No.	Uhrzeit.	Gewicht in der Schale.	Thermometer im Wasser. I.	Thermometer im Wasser. II.	Umgebende Luft.	Zahl der Beob.
			Grm.				
14. Nov.	66	11h 5'	41,2933	26°,42	+26°,46	+15°,4	6
	67	11 33	41,1042	24 ,91	24 ,89	14 ,3	6
	68	12 14 Ab.	40,8692	22 ,90	22 ,89	13 ,0	6
	69	12 47	40,7162	21 ,45	21 ,49	12 ,5	4
	70	2 53	40,3285	17 ,20	17 ,25	11 ,2	4
	71	3 24	40,2650	16 ,47	16 ,48	10 ,9	3
	72	7 43	39,9992	12 ,02	12 ,03	9 ,7	4
15. Nov.	73	8h 00' Morg.	40,0455	0°,30	0°,40	6°,7	5
	74	10 02	39,9783	1 ,56	1 ,65	7 ,1	3
	75	10 26	39,9598	1 ,98	2 ,02	7 ,1	4
	76	11 12	39,9270	2 ,90	2 ,94	9 ,0	4
	77	12 29 Ab.	39,8856	4 ,56	4 ,58	9 ,3	4
	78	2 49	39,8632	6 ,05	6 ,07	8 ,7	3
16. -	79	7 45 Morg.	39,8610	6 ,93	6 ,95	7 ,2	2

Digitized by Google

1829.	No.	Uhrzeit.	Gewicht in der Schale.	Thermometer im Wasser.		Umgebende Luft.	Zahl der Beob.
				I.	II.		
			Grm.				
7. Dec.	80	11h 42'	40,6176	20°,26		+13°,1	5
	81	12 23 Ab.	40,5201	19 ,22		11 ,6	4
	82	2 24	40,2166	15 ,41		9 ,6	4
	83	3 0	40,1569	14 ,52		8 ,9	3
	84	8 10	39,9216	9 ,16		6 ,2	2
8 -	85	9 10 Morg.	40,0587	0 ,48		3 ,8	3
	86	10 22	40,0045	1 ,55		8 ,0	4
	87	10 45	39,9873	1 ,94		8 ,5	3
	88	11 18	39,9587	2 ,64		8 ,7	4
	89	11 50	39,9430	3 ,06		8 ,6	3
	90	12 30 Ab.	39,9277	3 ,64		8 ,8	3
	91	7 30	39,8975	5 ,15		5 ,5	2
	92	9 34 Morg.	39,9247	3 ,68		3 ,4	2

1829.	No.	Uhrzeit.	Gewicht in der Schale.	Thermometer im Wasser.		Umgebende Luft.	Zahl der Beob.
				I.	II.		
9. Dec.	93	11h 30'	40,0216	12°,10		+ 6°,7	3
	94	12 20 Ab.	39,9961	11 ,49		6 ,4	3
	95	12 40	39,9809	11 ,05		6 ,4	2
	96	2 50	39,9320	9 ,66		6 ,8	4
	97	8 15	39,8922	6 ,35		4 ,8	2
10. -	98	9 8 Morg.	39,9331	3 ,45		3 ,0	3
	99	10 24	40,0512	12 ,75		6 ,5	3
	100	10 50	40,0196	12 ,03		6 ,2	3
	101	11 50	39,9616	10 ,62		5 ,5	3
	102	12 25 Ab.	39,9417	9 ,93		5 ,3	4
	103	2 54	39,8969	7 ,62		4 ,6	2
	104	7 30	39,8991	5 ,17		4 ,6	2
11. -	105	9 0 Morg.	39,9534	2 ,83		2 ,3	3

Digitized by Google

Bei den Beobachtungen im December wurde nur das Thermometer No. I. angewandt. Wenn das Waſser über Nacht der freien Luft ausgesetzt war, um die Temperatur desselben herabzubringen, geschah dieſs allzeit in der zugedeckten Glasglocke selbst, und sowohl der Cylinder als die beiden Thermometer wurden jedesmal schon Abends in das Waſser gesenkt, damit sie am folgenden Morgen, beim Beginn der Versuche, vollkommen gleiche Temperatur mit dem Waſser hatten. Nur am 12. März war die Temperatur desselben unter 0° herabgegangen, ohne daſs es gefroren war, hingegen am 15. November und 8. December war das Waſser, sowohl an der Oberfläche als an der Wand des Gefäſses, mit einer dünnen Eisrinde umgeben. Beim Versuche No. 73. war nur eine Oeffnung in der Eisdecke von oben so groſs gemacht, daſs der Aufhängdraht freien Spielraum hatte, daher auch während der einzelnen sechs Versuche die Thermometer vollkommen unverändert auf 0° stehen blieben. Nach diesem Versuche wurde der Apparat von der Wage genommen, und das Eis entfernt. Beim Versuche No. 85 war hingegen die Oberfläche gröſstentheils vom Eise frei, und dieses bildete nur an der Seitenwand eine dünne Schale. Auch hier wurde nach dem ersten Versuch der Apparat von der Wage genommen und das Eis entfernt.

Bei den verschiedenen Versuchsreihen war ein beliebiges constantes Gewicht in der Schale, sowohl bei der Abwägung des Cylinders im Waſser, als in der Luft, nicht gezählt, daher die groſse Verschiedenheit der Zahlen in der vierten Spalte der vorigen Tafel. Während einer zusammenhängenden Reihe von Versuchen blieben die Schneiden des Wagbalkens unverändert auf derselben Stelle, indem der Wagbalken nicht auf die Rast gesetzt, sondern nur durch Zugabe eines Gramm-Gewichts in Ruhe versetzt wurde. Auf diese Weise stehen auch

Digitized by Google

die Verſuche No. 22, 31, 46, 53, 61, 65, 79, 92 und 105 mit dem vorhergehenden Tage in Verbindung.

Soviel es ſich thun lieſs, trachtete der Verfaſſer darnach, die Verſuche, ſowohl bei ſteigender als fallender Temperatur, für dieſelben Thermometergrade zu erhalten. So correſpondiren z. B. die Beobachtungen vom 9. und 10. December mit jenen vom März und Mai. Mehrere Verſuchsreihen konnte der Verfaſſer, durch andere Geſchäfte verhindert, nicht ſo vollſtändig machen, wie er gewünſcht; deshalb vermehrte er die Verſuche ſo lange, bis dieſe von 0° bis 25° ziemlich gleichmäſsig vertheilt vorhanden waren, jedoch mit vorzüglicher Rückſicht auf die Gegend der gröſsten Dichtigkeit des Waſſers.

Vor Allem war es nöthig, die gebrauchten beiden Thermometer einer genauen Prüfung zu unterwerfen. Da ſie ſchon etwa 16 Jahre alt ſind, ſo war zu vermuthen, daſs, der allgemeinen Erfahrung gemäſs, auch bei dieſen Thermometern der Nullpunkt ſich gehoben habe. Sie wurden daher vier Mal an verſchiedenen Tagen in ſchmelzenden Schnee geſteckt, und ohne merklichen Unterſchied immer derſelbe Stand gefunden; es zeigte nämlich No. I. $= + 0°,40$ und No. II. $= + 0°,30$. Um die Schätzung zu erleichtern, wurde eine kleine Skale mit ſehr feiner Theilung angewandt, und mittelſt einer Lupe abgeleſen.

Dieſe Thermometer gehen nur bis 35°; der Siedpunkt konnte daher nicht unmittelbar beſtimmt werden, und die weitere Unterſuchung beſtand in einer ſorgfältigen Vergleichung mit einem Normalthermometer, welches der Verfaſſer beſitzt. Dieſs Thermometer wurde vor 4 Jahren unmittelbar unter Deſſen Augen verfertigt; die Röhre deſſelben wurde vom Verfaſſer aus einer groſsen Zahl mehrere Fuſs langer Thermometerröhren ausgeſucht, und durch ſorgfältige Kalibrirung mittelſt Queckſilberfäden von verſchiedener Länge ſo gleichförmig cylindriſch gefunden, daſs in dieſer Beziehung zwiſchen den Punkten $- 20°$ und $+ 80°$ ein Fehler über 0°,03 ſchwer-

lich vorhanden seyn dürfte. Die beiden Fixpunkte dieses Thermometers wurden im März 1829 neuerdings mit aller Aufmerksamkeit bestimmt, dabei alle nöthigen Vorsichten angewandt, und überhaupt nach den Grundsätzen verfahren, welche Egen in seiner schätzbaren Abhandlung: *Untersuchungen über das Thermometer* (Poggendorff's Annalen, Bd. 87.) aufgestellt hat. Auch bei diesem Thermometer hatte der Gefrierpunkt sich in drei Jahren um 0°,12 gehoben; allein nachdem das Thermometer die Bestimmung des Siedpunkts ausgehalten hatte, war der Nullpunkt wieder genau auf seinen ursprünglichen Stand zurückgekehrt, und acht Tage später nicht merklich verändert. Der Abstand der zwei Fixpunkte dieses Thermometers beträgt 9,04 Wiener Zoll, die Skale ist von ½ zu ½ Grad getheilt, und das Ablesen durch Schätzung bis auf 0°,02 sicher.

Eine sorgfältige Vergleichung der drei Thermometer durch die ganze Skale von 0° bis 35° in Wasser angestellt, gab folgende Berichtigung:

Stand der beiden Therm.	gegen wahre Temperatur zu hoch		Stand der beiden Therm.	gegen wahre Temperatur zu hoch	
	I.	II.		I.	II.
0°	0°,40	0°,30	20°	0°,22	0°,22
5	0 ,30	0 ,26	25	0 ,22	0 ,26
10	0 ,24	0 ,24	30	0 ,25	0 ,30
15	0 ,22	0 ,22	35	0 ,30	0 ,37

Bei diesen Vergleichungen wurde auch auf die verschiedene Temperatur des aufser dem Wasser befindlichen Theiles der Quecksilbersäule gehörig Rücksicht genommen. Die Verbesserungstafel hält der Verfasser bis auf 0°,02 sicher.

Die Versuche müssen ferner noch so verbessert werden, wie wenn sie im leeren Raum angestellt worden wären. Aus den bisher angenommenen Verhältnissen zwischen den Wiener und Pariser Längen- und Gewichts-

Digitized by Google

maſsen folgt vorläufig Gewicht eines Wiener Kubikzolls Waſser im Punkte seiner gröſsten Dichtigkeit =18,278 Grammen. Ferner ist das specifiſche Gewicht der trocknen Luft bei 0° R. und 336,9 Par. Lin. Barometerstand gegen Waſser im Punkte seiner gröſsten Dichtigkeit =0,001299 *), mithin Gewicht eines Wiener Kubikzolls trockner atmosphäriſcher Luft bei 0° R. und 336‴,9 B. =0,023743 Grm.

Ferner ist die Ausdehnung der Luft für 1° R. =0,0047, mithin ist bei t Grad R. und dem Barometerstand $=h$ Par. Linien das Gewicht eines Wiener Kubikzolls trockner Luft:

$$p=\frac{1}{1+0{,}0047\,.\,t}\cdot\frac{h}{336{,}9}\cdot 0{,}023743 \text{ Grammen,}$$

$$\text{oder } p=0{,}000070475\,.\,\frac{h}{1+0{,}0047\,.\,t}\,.\text{ Grammen.}$$

Die Luft ist indeſs nie ganz trocken, sondern mehr oder weniger mit Waſserdampf gemiſcht. Für gegenwärtigen Fall ist kein merklicher Fehler zu befürchten, wenn man die Luft von mittlerer Feuchtigkeit voraussetzt, oder annimmt, der in der Luft befindliche Waſserdampf betrage halb so viel, als derselbe, im Maximo seiner Dichtigkeit vorhanden, betragen würde. Ist die der Temperatur t entsprechende Elasticität des Waſserdampfs $=\varepsilon$ Pariser Linien, und haben h und p die obige Bedeutung, so ist das Gewicht eines Wiener Kubikzolls Luft von mittlerer Feuchtigkeit:

$$=p\left(1-\frac{3\varepsilon}{16h}\right) \text{ Grammen.}$$

Bei den Abwägungen im Waſser war die eine Wagſchale weggenommen, und statt derselben der Cylinder eingehangen, wobei auf der anderen Seite durch die Schale und Gewichte ein Ueberſchuſs an Volumen in der Luft =0,436 Kubikzoll verursacht wurde. Setzt man

*) Gehler's physikal. Wörterb. N. A. Bd. IV. S. 1512.

Digitized by Google

im Mittel $h=330$ Pariser Linien, so erhält man folgende Gewichte für obiges Luftvolumen:

0° R.	0,0101	Grm.
5 -	0,0099	-
10 -	0,0097	-
15 -	0,0095	-

welche Werthe von den beobachteten Gewichten abgezogen werden müssen, um sie auf den leeren Raum zu reduciren.

Bei der Abwägung des Cylinders in der Luft betragen auf 0° reducirt:

die Gewichte sammt der Schale	= 2,925	Kubikzoll
Volumen des Cylinders bei 0°	=21,185	-
also auf Seite des Cylinders mehr	=18,260	-

Da ferner die kubische Ausdehnung des Messings für 1° R. =0,000072 ist, so ist bei t^0 das Volumen der verdrängten Luft:

$$q=18{,}260(1+0{,}000072\,.\,t) \text{ Kubikzoll,}$$

und endlich das Gewicht f dieser Luft bei mittlerer Feuchtigkeit:

$$f=pq\left(1-\frac{3\varepsilon}{16\,h}\right) \text{ Gramm.}$$

welcher Werth zum Gewicht des Cylinders in der Luft zu addiren ist, um dasselbe auf den leeren Raum reducirt zu erhalten.

Folgende Tabelle giebt die Abwägungen des Cylinders für die fünf Hauptperioden der Versuche. Jede derselben gründet sich auf mehrere einzelne Wägungen, welche an zwei oder drei nahe liegenden Tagen vorgenommen worden sind. Die Barometerstände h sind schon auf 0° reducirt, und die Werthe für ε aus dem neuen Gehler'schen physikalischen Wörterbuch, Bd. II. S. 351. genommen.

Digitized by Google

	Gew. in der Schale.	h	t	τ	f
März .	388,7042 Grm.	329‴,2	9°,4	3‴,8	0,4049 Grm.
Mai . .	387,4137 -	332 ,0	17 ,0	7 ,5	0,3944 -
September	391,1685 -	331 ,7	15 ,6	6 ,7	0,3970 -
November	426,6548 -	332 ,2	8 ,7	3 ,4	0,4100 -
December	426,6591 -	335 ,3	2 ,7	2 ,0	0,4255 -

Der Aufhängdraht wurde im März zwei Mal, im Mai ein Mal gewechselt; hingegen wurde bei den Versuchsreihen im September, November und December ein etwas stärkerer Draht genommen, daher während jener Reihe von Versuchen nur ein Draht nöthig war. Wo es nöthig war, den Draht zu wechseln, wurde die Gewichtsdifferenz zwischen dem neuen und alten Draht genau ausgemittelt. Mit Rücksicht hierauf sind die mit den Beobachtungen vergleichbaren Gewichte des Cylinders im leeren Raume folgende:

389,1396	Gramm., für die Beobachtungen:	1	bis 7
389,1091	- - - -	8	- 13
389,1110	- - - -	14	- 22
387,8081	- - - -	23	- 26
387,8365	- - - -	27	- 31
391,5655	- - - -	32	- 46
427,0648	- - - -	47	- 79
427,0846	- - - -	80	- 105

Der Cylinder wurde vor den Beobachtungen im September, November und December jedesmal mit Kalkwasser gereinigt, weil die Oberfläche desselben etwas angelaufen war. Dadurch muſste er, wenn auch sehr wenig, von seinem Volumen verlieren, und um diesen Verlust kennen zu lernen, wurde der Cylinder vor und nach jeder Reinigung gewogen. Er verlor bei der Reinigung:

am 2. Sept.	0,0270 Grm.	oder 0,00017	Kubikzoll
- 5. Nov.	0,0124 -	- 0,00008	-
- 6. Dec.	0,0060 -	- 0,00004	-

auf welche Aenderungen des Cylinders bei der weiteren Berechnung der Beobachtungen gehörig Rücksicht genommen ist.

Die folgende Tafel enthält das aus Reduction der Versuche erfolgende absolute Gewicht eines Wiener Kubikzolls Wasser. Die zweite Spalte enthält das Mittel der beiden Thermometer I. und II., verbessert nach S. 101. Die Zahlen der dritten Spalte werden erhalten, wenn man die Gewichte in der Schale Taf. S. 92. nach S. 102. verbessert, vom entsprechenden Gewicht des Cylinders im leeren Raume abzieht. Das Volumen des Cylinders in der folgenden Spalte ist nach den Daten S. 84. und S. 87. berechnet, und auf den eingetauchten Theil des Drahts gehörig Rücksicht genommen. Die letzte mit *n* bezeichnete Spalte enthält die Vergleichung der Beobachtungen mit der aus ihnen abgeleiteten Finalgleichung.

No.	Des verdrängten Wassers			Gewicht ein. Wien. Kbkz. Wasser.	(*n*)
	Temper. R. °.	Gewicht.	Volumen.		
		Gramm.	Kubikz.	Gramm.	
1	— 0°,40	387,0092	21,18456	18,26846	—10
2	+ 0 ,79	0739	18642	26991	— 5
3	1 ,81	1186	18802	27064	— 2
4	2 ,72	1506	18945	27092	— 1
5	3 ,77	1781	19109	27080	— 0
6	4 ,91	1994	19287	27027	— 7
7	5 ,70	2051	19409	26949	— 7
8	2°,33	387,1369	21,18879	18,27084	— 1
9	3 ,50	1694	19063	27079	+ 5
10	4 ,71	1938	19251	27032	— 2
11	5 ,68	2014	19402	26938	0
12	6 ,78	2021	19573	26795	— 4
13	7 ,59	1957	19698	26656	— 5

Digitized by Google

No.	Des verdrängten Wassers			Gewicht ein. Wien. Kbkz. Wasser.	(n)
	Temper. R. °.	Gewicht.	Volumen.		
		Gramm.	Gramm.	Kubikz.	
14	+13°,67	386,9790	21,20652	18,24810	— 3
15	10 ,41	387,1258	20142	25943	+ 7
16	2 ,26	1360	18873	27080	0
17	2 ,59	1457	18925	27081	+ 4
18	3 ,80	1788	19115	27073	+ 3
19	4 ,75	1952	19262	27024	+ 1
20	5 ,69	2030	19409	26934	+ 2
21	6 ,91	2030	19599	26771	— 3
22	8 ,91	1705	19910	26349	+ 6
23	8°,56	387,1779	21,19855	18,26436	+ 3
24	9 ,72	1516	20035	26156	— 2
25	12 ,51	0432	20468	25272	— 9
26	14 ,13	386,9511	20718	24623	— 6
27	8 ,76	387,1745	19888	26391	+ 3
28	10 ,54	1221	20165	25905	+ 7
29	11 ,98	0649	20388	25444	+ 1
30	12 ,85	0235	20523	25133	— 3
31	15 ,04	386,8893	20861	24208	+ 4
32	28°,86	385,4052	21,23011	18,15371	—54
33	23 ,95	386,0552	22245	19090	— 1
34	23 ,13	386,1469	22117	19631	+ 7
35	17 ,78	386,6815	21286	22863	+ 2
36	11 ,96	387,0671	20388	25154	— 1
37	12 ,80	387,0287	20518	25155	— 5
38	13 ,90	386,9639	20688	24710	0
39	14 ,32	386.9382	20753	24532	0
40	30°, 0	385,2132	21,23219	18,14291	—63
41	23 ,86	386,0594	22230	19121	+16
42	19 ,64	386,5118	21573	21817	+ 7
43	17 ,41	386,7060	21228	23028	+19
44	11 ,04	387,1025	20244	25745	+ 9
45	11 ,95	387,0680	20384	25462	— 3
46	14 ,64	386,9186	20800	24400	— 3

Digitized by Google

No.	Des verdrängten Wassers			Gewicht ein. Wien. Kbkz. Wasser.	(n)
	Temper. R. °.	Gewicht.	Volumen.		
		Gramm.	Kubikz.	Gramm.	
47	+26°,63	385,7329	21,22675	18,17202	—15
48	25 ,68	385,8493	22528	17876	— 4
49	21 ,41	386,3426	21863	20771	— 7
50	5 ,56	387,2009	19403	26935	+ 9
51	6 ,21	387,2056	19508	26867	+ 3
52	6 ,73	387,2069	19588	26804	— 5
53	7 ,02	387,1960	19757	26606	— 3
54	13 ,42	386,9959	20626	24914	— 5
55	8 ,30	387,1858	19833	26493	+ 4
56	17 ,98	386,6676	21331	22759	+ 1
57	14 ,58	386,9216	20805	24410	+ 6
58	25°,83	385,8263	21,22543	18,17755	+ 3
59	20 ,28	386,4568	21681	21467	— 8
60	17 ,35	386,7195	21227	23093	0
61	8 ,48	387,1821	19853	26456	+ 2
62	18 ,43	386,6271	21393	22515	0
63	17 ,36	386,7171	21227	23082	+ 3
64	13 ,69	386,9758	20659	24790	+ 3
65	7 ,79	387,1908	19745	26591	+ 8
66	26°,18	385,7810	21,22597	18,17495	+ 6
67	24 ,66	385,9701	22360	18590	+ 3
68	22 ,66	386,2053	22049	19964	— 4
69	21 ,24	386,3583	21829	20874	— 5
70	17 ,00	386,7461	21171	23267	+ 3
71	16 ,25	386,8096	21056	23665	— 9
72	11 ,80	387,0756	20369	25510	— 1
73	0°,00	387,0293	21,18526	18,26880	+ 3
74	1 ,28	0965	18726	27025	— 1
75	1 ,68	1150	18789	27058	— 3
76	2 ,61	1478	18934	27088	+ 1
77	4 ,28	1892	19196	27057	0
78	5 ,78	2016	19428	26915	+ 6
79	6 ,68	2038	19568	26805	— 1

Digitized by Google

No.	Des verdrängten Wassers			Gewicht ein. Wien. Kbkz. Wasser.	(n)
	Temper. R. °.	Gewicht.	Volumen.		
		Gramm.	Kubikz.	Gramm.	
80	+20°,04	386,4770	21,21636	18,21599	— 2
81	19 ,00	386,5745	21476	22196	+ 1
82	15 ,19	386,8780	20885	24135	+ 7
83	14 ,30	386,9377	20750	24533	+ 4
84	8 ,92	387,1730	19915	26361	— 2
85	0 ,09	0359	18538	26900	— 1
86	1 ,18	0901	18706	27012	+ 2
87	1 ,58	1073	18769	27040	+ 4
88	2 ,29	1359	18880	27078	+ 2
89	2 ,72	1516	18948	27093	— 1
90	3 ,31	1669	19038	27088	+ 2
91	4 ,85	1971	19281	27020	— 1
92	3 ,33	1699	19043	27098	— 4
93	11°,87	387,0730	21,20371	18,25497	— 7
94	11 ,25	0985	20275	25700	— 4
95	10 ,81	1137	20207	25830	+ 2
96	9 ,42	1626	19991	26247	— 8
97	6 ,07	2024	19470	26883	+ 4
98	3 ,12	1615	19010	27087	+ 3
99	12 ,52	0434	20471	25271	—10
100	11 ,80	0750	20361	25515	— 3
101	10 ,38	1330	20140	25978	— 7
102	9 ,70	1529	20034	26163	— 3
103	7 ,36	1977	19670	26688	0
104	4 ,87	1955	19284	27011	+ 3
105	2 ,49	1412	18911	27075	+ 7

Aus vorstehender Tafel leitet nun der Verfasser zunächst ab: *a*) die Temperatur für den Punkt der gröſsten Dichtigkeit des Wassers, und *b*) das absolute Gewicht desselben für diese Temperatur.

Die Tafel enthält mehrere Reihen von Versuchen zwischen den Temperaturen 0° und 6° bis 8°, von denen jede einzeln zur Ausmittlung der beiden gesuchten Gröſsen dient. Da während der Versuche einer jeden Reihe der Apparat unverändert an der Wage geblieben

ist, und die Schneiden des Wagbalkens nicht die geringste Verrückung erlitten haben, so sind auch die Versuche einer jeden solchen Reihe von einem Fehler in der Wage in relativer Beziehung frei, und wenn auch irgend ein solcher Fehler vorhanden war, so hat er auf die Bestimmung der Temperatur für das Maximum der Dichtigkeit keinen Einfluſs. Dieser Vortheil würde aber verloren gehen, wenn man die Beobachtungen unter sich vermengen und aus allen gemeinschaftlich die gesuchten Gröſsen ableiten wollte. Aus diesem Grunde, und weil der Grad der Uebereinstimmung, welche die aus den einzelnen Beobachtungsreihen erhaltenen Resultate erreichen, am besten die Richtigkeit des Endresultats beurtheilen läſst, hat der Verfasser die Berechnung der einzelnen Reihen vorgezogen.

Der Verfasser legt nun die Gleichung

$$g = a + bt + ct^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (a)$$

zum Grunde, worin g das absolute Gewicht eines Wiener Kubikzolls Wasser, in Grammen ausgedrückt, bei t Grad Reaumür bezeichnet. Diese Gleichung reichte für alle Versuche aus, mit Ausnahme derer vom 15. November, wo die äuſsersten Werthe von t weiter als 6 bis 8 Grad von einander lagen, und wo die Resultate durch Hinzuziehung eines Gliedes dt^3 im zweiten Theile der Gleichung merklich genauer dargestellt wurden.

Die Berechnung selbst geschah nach der Methode der kleinsten Quadrate, der gemäſs die Coëfficienten a, b, c durch folgende Gleichungen bestimmt wurden:

$$\left.\begin{aligned} o &= \frac{\Sigma g}{n} + a + b\frac{\Sigma t}{n} + c\frac{\Sigma t^2}{n} \\ o &= \frac{\Sigma tg}{\Sigma t} + a + b\frac{\Sigma t^2}{\Sigma t} + c\frac{\Sigma t^3}{\Sigma t} \\ o &= \frac{\Sigma t^2 g}{\Sigma t^2} + a + b\frac{\Sigma t^3}{\Sigma t^2} + c\frac{\Sigma t^4}{\Sigma t^2} \end{aligned}\right\} \; . \; . \; . \quad (b)$$

wo n die Zahl der Beobachtungen und Σ das bekannte Summenzeichen bedeutet.

Digitized by Google

Auf diese Weise wurden folgende Gleichungen erhalten aus den Beobachtungen:

No. 1 bis No. 7

$$g = 18{,}26901 + 0{,}0012664\,t - 0{,}00020732\,t^2 \quad . \quad . \quad (c)$$

No. 8 bis No. 13

$$g = 18{,}26916 + 0{,}0011822\,t - 0{,}00020080\,t^2 \quad . \quad . \quad (d)$$

No. 16 bis No. 22

$$g = 18{,}26897 + 0{,}0012729\,t - 0{,}00021158\,t^2 \quad . \quad . \quad (e)$$

No. 73 bis No. 79

$$g = 18{,}26879 + 0{,}0015190\,t - 0{,}00028920\,t^2 + 0{,}000006693\,t^3 \quad . \quad (f)$$

No. 85 bis No. 92

$$g = 18{,}26886 + 0{,}0013477\,t - 0{,}00022014\,t^2 \quad . \quad . \quad (g)$$

No. 93 bis No. 105

$$g = 18{,}26896 + 0{,}0012523\,t - 0{,}00020875\,t^2 \quad . \quad . \quad (h)$$

welche Gleichungen folgende Werthe t für den Punkt der gröſsten Dichtigkeit des Wassers geben:

Aus der Gleichung	(*c*) . .	$t = +$	3°,054	R.
- - -	(*d*) . .	=	2 ,944	-
- - -	(*e*) . .	=	3 ,007	-
- - -	(*f*) . .	=	2 ,922	-
- - -	(*g*) . .	=	3 ,061	-
- - -	(*h*) . .	=	3 ,000	-
		Mittel	2°,998	R.
		oder in runder Zahl	3 ,000	-

Wahrscheinliche Unsicherheit dieses Endresultats $= \pm 0{,}014$.

Dieser Grad von Genauigkeit würde jedoch nur bei gänzlicher Abwesenheit von constanten Fehlern eintreten; allein es kann noch eine kleine Unrichtigkeit in den gebrauchten Thermometern vorhanden seyn, welche S. 101. zu 0°,02 angegeben ist. Ferner hat auch eine Unsicherheit in der gefundenen Ausdehnung des Messings einen constanten Einfluſs auf jenen Werth von t, welcher

Einfluſs im höchsten Falle $\pm 0°,02$ betragen kann. Die Summe dieser drei Fehler ist $=0°,054$.

Aus den Beobachtungen des Verfassers folgt demnach für das Maximum der Dichtigkeit des Wassers $t=+3°,00$ R. $=3°,75$ C., mit einer Genauigkeit, daſs ein Fehler über $\pm 0,05$ nicht wahrscheinlich sey.

Für das absolute Gewicht eines Wiener Kubikzolls Wasser beim Maximum der Dichtigkeit erhält man ferner aus der Gleichung:

(*c*) . . .	18,27095 Grm.	(*f*) . . .	18,27093 Grm.
(*d*) . . .	18,27090 -	(*g*) . . .	18,27092 -
(*e*) . . .	18,27088 -	(*h*) . . .	18,27084 -

Das Mittel aus allen 6 Gleichungen giebt $g=18,27090$ Grm., und mit Ausschluſs der Gleichung (*h*), $g=18,27092$.

Verbessert man das constante Glied der Gleichungen so, daſs alle Gleichungen für das Maximum der Dichtigkeit $g=18,27092$ geben, so erhält man:

aus (*c*)	für *g* bei 0°	$=18,26898$
- (*d*)	- - - -	$=18,26918$
- (*e*)	- - - -	$=18,26901$
- (*f*)	- - - -	$=18,26878$
- (*g*)	- - - -	$=18,26886$
- (*h*)	- - - -	$=18,26904$.

Das Mittel aus allen wäre $=18,26897$. Genauer muſs aber das Mittel aus den Gleichungen (*c*), (*f*) und (*g*) seyn, weil hier sehr gute Beobachtungen unmittelbar bei 0° selbst vorhanden sind. Dieses Mittel giebt das Gewicht eines Wiener Kubikzolls Wasser bei 0°

$$=18,26886.$$

Es bietet sich nun die Aufgabe dar, eine Gleichung aufzufinden, welche alle Beobachtungen möglichst genau darstellt. Sämmtliche Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate in Rechnung zu nehmen, wäre eine äuſserst mühsame und dennoch wenig belohnende Arbeit, indem das Resultat durch den verschiedenen Werth

Digitized by Google

und den ungleichen Einfluſs der einzelnen Beobachtungen bedeutend modificirt werden kann. Der verschiedene Werth der Versuche hängt von mehreren Umständen ab, als:

a) von der ungleichen Ausdehnung des Wassers selbst, so daſs bei einer Aenderung von $t = 0{,}1$ Grad die letzte Decimalstelle von g sich ändert, bei 0° um 15, bei 10° um 20, und bei 25° um 72 Einheiten. Demnach haben die beim Ablesen der Thermometer begangenen Fehler einen sehr ungleichen Einfluſs auf den Werth von g. Auch hat der Versuch unter übrigens gleichen Umständen eine um so gröſsere Genauigkeit, je kleiner die Aenderung des specifischen Gewichts des Wassers ist.

b) Von der Differenz der Temperaturen des Wassers und der umgebenden Luft. Je kleiner diese ist, desto richtiger ist die Voraussetzung, daſs die den Cylinder umgebende Wassermasse genau dieselbe Temperatur habe, welche die beiden Thermometer angeben. Auch ändert sich die Temperatur des Wassers um so langsamer, je näher dieselbe schon der Temperatur der umgebenden Luft kommt, was die Folge hat, daſs der Abwägungsversuch unter diesen Umständen viel genauer ausfällt, weil sich das specifische Gewicht des Wassers nur langsam ändert. Aendert sich aber dasselbe zu schnell, so ist es schwer den Moment des Gleichgewichts zu treffen.

Wollte man auch diese Umstände berücksichtigen, und die relativen Werthe der einzelnen Versuche durch Zahlen ausdrücken, so würde immer einige Willkühr dabei eintreten müssen, so daſs verschiedene Berechner auch etwas verschiedene Resultate erhalten würden. Der Verfasser hat demnach folgenden Weg eingeschlagen.

Aus den 6 Gleichungen, S. 110., und aus den übrigen Beobachtungen zwischen 0° und 10° leitete er eine Gleichung ab, welche die Aenderungen von g zwischen 0° und 10° schon sehr gut darstellt. Eine ähnliche Gleichung

chung wurde auf die Beobachtungen von 10° bis 26° gegründet. Diese Gleichungen sind:

Von 0° bis 10°

$$dg = 0{,}0013727\,t - 0{,}00023445\,t^2 + 0{,}000001550\,t^3.$$

Von 10° bis 26°

$$dg = -0{,}0028112\,(t-10) - 0{,}00018057\,(t-10)^2 + 0{,}000001666\,(t-10)^3.$$

Nun wurden aus den einzelnen Versuchen mehrere Normalwerthe gebildet, indem alle in der Nähe eines bestimmten Werthes t liegenden Versuche mittelst obiger beiden Gleichungen auf die Temperatur t reducirt wurden. Auf diese Art wurden aus den Beobachtungen folgende Normalwerthe abgeleitet, von denen die meisten sich auf mehr als 10 Beobachtungen gründen.

t	g	t	g
0°	18,26886	15°	18,24234
3	18,27092	18	18,22750
6	18,26900	21	18,21014
9	18,26337	24	18,19053
12	18,25437		

Aus diesen Normalwerthen wurde folgende Gleichung gefunden:

$$\left.\begin{array}{l} g = 18{,}268848 + 0{,}0013941\,t - 0{,}00024065\,t^2 \\ \quad + 0{,}0000020753\,t^3 - 0{,}000000005555\,t^4 \end{array}\right\} \;.\;.\;(k)$$

Die genannten Normalwerthe werden von dieser Gleichung so gut dargestellt, daſs die Summe aller Fehler nur 8 Einheiten der 5ten Decimalstelle von g beträgt, und die Fehler zwischen +2,3 und −1,2 eingeschlossen sind; daher wird die Gleichung (k) die sämmtlichen Beobachtungen ebenfalls sehr gut darstellen.

Um jedoch zu erfahren, wie nahe eine auf andere Normalwerthe gegründete Gleichung mit der gefundenen übereinstimme, bildete der Verfasser aus den Beobachtungen folgende zweite Reihe von Normalwerthen *).

*) Zur Bildung dieser und der vorhergehenden Normalwerthe wur-

t	g	t	g
2 . . .	18,27069	18 . . .	18,22750
6 . . .	18,26900	22 . . .	18,20386
10 . . .	18,26074	26 . . .	18,17640
14 . . .	18,24669		

und leitete daraus folgende Gleichung ab:

$$\left.\begin{array}{l} g = 18{,}268866 + 0{,}0013892\,t - 0{,}00024030\,t^2 \\ \quad + 0{,}0000020640\,t^3 - 0{,}000000005306\,t^4 \end{array}\right\} \ldots (l)$$

Die Gleichungen (k) und (l) stimmen schon sehr nahe mit einander überein; sie stellen die Normalwerthe sehr gut dar, und werden deshalb auch die sämmtlichen Beobachtungen mit ziemlich gleicher Genauigkeit darstellen. Der Verfasser nimmt deshalb aus beiden Gleichungen das Mittel:

$$\left.\begin{array}{l} g = 18{,}26886 + 0{,}0013916\,t - 0{,}00024048\,t^2 \\ \quad + 0{,}0000020696\,t^3 - 0{,}000000005430\,t^4 \end{array}\right\} \ldots (m)$$

und betrachtet diese als die Endgleichung, welche sämmtlichen Beobachtungen am besten entspricht.

Für die Temperatur der gröſsten Dichtigkeit des Wassers erhält man

aus der Gleichung	0° bis 10°	. . .	$t = 3°{,}017$
- - -	(k)	. . .	3 ,014
- - -	(l)	. . .	3 ,007
- - -	(m)	. . .	3 ,010

durchgehends mit dem, S. 110., gefundenen Resultate sehr genau übereinstimmend.

Dividirt man die Gleichung (m) mit dem Werthe $g = 18{,}27092$, welcher dem Maximo der Dichtigkeit entspricht, so erhält man die folgende Gleichung für die Dichtigkeit D des Wassers, die gröſste Dichtigkeit $= 1$ gesetzt:

$$\left.\begin{array}{l} D = 0{,}999887 + 0{,}000076165\,t - 0{,}000013162\,t^2 \\ \quad + 0{,}00000011327\,t^3 - 0{,}0000000002972\,t^4 \end{array}\right\} (n)$$

den sämmtliche Beobachtungen benutzt, mit Ausnahme der No. 32 und No. 40.

Digitized by Google

und für die hunderttheilige Skale:

$$\left.\begin{array}{l} D = 0{,}999887 + 0{,}000060932\,t - 0{,}0000084236\,t^2 \\ \quad + 0{,}00000005800\,t^3 - 0{,}0000000001217\,t^4 \end{array}\right\} (o)$$

Zur Beurtheilung der Genauigkeit und Uebereinstimmung der einzelnen Beobachtungen wurden die Gewichte eines Kubikzolls Wasser in der Tafel, Seite 105., mit dem Werthe $=18{,}27092$, welcher der gröſsten Dichtigkeit entspricht, dividirt, und die so aus den Beobachtungen erhaltenen Dichtigkeiten mit den zugehörigen Werthen der Gleichung (n) verglichen. Diese Differenzen sind der Tafel, S. 105., in der mit (n) bezeichneten Spalte beigefügt; die Zahlen daselbst sind Einheiten der 6ten Decimalstelle von D, und geben, ihrem Zeichen gemäſs zu den beobachteten Werthen hinzugefügt, die nach der Gleichung (n) berechneten.

Mit Ausnahme der Beobachtungen 32 und 40, die unter ungünstigen Umständen angestellt wurden, ist

Summe der positiven Fehler	=	0,000211
- - negativen -	=	0,000207
Mittlerer Fehler einer Beobachtung	=	±0,000004

welcher letzterer im Mittel einer Aenderung von $t = \pm 0°{,}02$ entspricht.

Bis zu 26° R. wird die nach den Gleichungen (n) und (o) berechnete Dichtigkeit höchstens um wenige Einheiten der 6ten Decimalstelle unsicher seyn; über 26°, bis 35°, vielleicht selbst bis 40° R., wird der Fehler schwerlich die 4te Decimalstelle von D erreichen.

Auch der wahrscheinlichste Fehler in der Ausdehnung des Messings, der nach S. 87. beträgt: 0,000002, verursacht, selbst wenn man ihn $=0{,}00001$ annimmt, keine merkliche Aenderung in der Dichtigkeit des Wassers, nämlich: 0,000002 bei 10° R., 0,000006 bei 20° R., 0,00001 bei 30° R.

Die folgende Tafel, nach der Gleichung (o) berechnet, enthält die Dichtigkeit und das Volumen des Was-

Digitized by Google

sers für 1 bis 40 Grad des 100theiligen Thermometers. Die gröſste Dichtigkeit des Wassers ist genau bei 3° R. = 3,75° C. genommen.

Temperatur.	Dichtigkeit.	Differenz.	Volumen.	Differenz.
— 3 C.	0,999627		1,000373	
2	0,999731	104	1,000269	104
1	0,999818	87	1,000182	87
0	0,999887	69	1,000113	69
+ 1	0,999939	52	1,000061	52
2	0,999975	36	1,000025	36
3	0,999995	20	1,000005	20
3,75	1,000000	5	1,000000	5
4	0,999999	1	1,000001	1
5	0,999988	11	1,000012	11
6	0,999962	26	1,000038	26
7	0,999921	41	1,000079	41
8	0,999865	56	1,000135	56
9	0,999795	70	1,000205	70
10	0,999711	84	1,000289	84
11	0,999613	98	1,000387	98
12	0,999503	110	1,000497	110
13	0,999380	123	1,000620	123
14	0,999244	136	1,000757	137
15	0,999095	149	1,000906	149
16	0,998935	160	1,001066	160
17	0,998763	172	1,001239	173
18	0,998580	183	1,001422	183
19	0,998386	194	1,001617	195
20	0,998180	206	1,001822	205
21	0,997965	215	1,002039	217
22	0,997740	225	1,002265	226
23	0,997504	236	1,002502	237
24	0,997259	245	1,002749	247
25	0,997003	256	1,003005	256
26	0,996740	263	1,003271	266
27	0,996468	272	1,003545	274
28	0,996187	281	1,003828	283
29	0,995898	289	1,004119	291
30	0,995601	297	1,004418	299
31	0,995296	305	1,004726	308

Digitized by Google

Temperatur.	Dichtigkeit.	Differenz.	Volumen.	Differenz.
+32 C.	0,994984	312	1,005041	315
33	0,994665	319	1,005363	322
34	0,994338	327	1,005694	331
35	0,994004	334	1,006032	338
36	0,993665	339	1,006375	343
37	0,993320	345	1,006725	350
38	0,992968	352	1,007081	356
39	0,992611	357	1,007444	363
40	0,992247	364	1,007813	369

Es sind schon sehr viele Versuche gemacht worden, die Ausdehnung des Wassers, so wie die Temperatur seiner gröſsten Dichtigkeit zu bestimmen, worüber man im ersten Theil des *neuen* Gehler'schen physikalischen Wörterbuchs eine ausführliche Darstellung findet. Daselbst ist auch eine Tabelle für die Ausdehnung des Wassers von 0° bis 80° R. beigefügt. Früher schon hat Biot *) diesen Gegenstand in groſser Ausführlichkeit behandelt und eine Tabelle über die Ausdehnung des Wassers gegeben. Vorzüglich zahlreich sind über dieselbe die Versuche von Hällström **), der auch die Berechnung derselben mit besonderer Genauigkeit, durchgehends nach der Methode der kleinsten Quadrate, durchgeführt hat. Der daselbst mitgetheilten Tabelle liegt jedoch ein Gesetz für die Ausdehnung des Glases zum Grunde, dessen Richtigkeit wohl nicht ohne Grund in Zweifel gezogen werden kann, indem dasselbe nicht nur wegen seiner zu groſsen Ungleichförmigkeit an und für sich unwahrscheinlich ist, sondern sich auch durch die Versuche anderer Physiker nicht bestätigt. Endlich hat auch Muncke ***) Versuche über die Ausdehnung des Wassers angestellt, die derselbe, nebst den daraus abgeleite-

*) *Traité de Physique T. I.*

**) Gilbert's Annalen, Bd. 77. (Auch Bd. 85.)

***) Neues physikalisches Wörterbuch, Bd. IV. S. 1491.

Digitized by Google

ten Resultaten für genauer hält, als die bekannten. Die von Muncke gefundene Temperatur für die gröſste Dichtigkeit des Wassers =3°,78 C. stimmt, sagt der Verfasser, mit der aus meinen Versuchen erhaltenen 3°,75 C. sehr genau überein. Auch fügt derselbe a. a. O. eine Tabelle für die Ausdehnung des Wassers bei.

Der Verfasser giebt nun eine Vergleichung dieser vier Tabellen mit der Gleichung (*o*), wobei die im Bande I. des neuen physikalischen Wörterbuchs, S. 616., befindliche Tabelle bloſs mit I. bezeichnet, und die gröſste Dichtigkeit des Wassers =1 gesetzt ist. Die zweite Spalte enthält die Dichtigkeit nach der Gleichung (*o*), die folgenden bloſs die Differenzen.

Temperat.	Stampfer	Biot.	I.	Hällström	Muncke.
0° C.	0,999887	+0,000038	+0,000007	+0,000005	+0,000002
5	0,999988	−0,000003	+0,000009	+0,000007	+0,000001
10	0,999711	+0,000019	+0,000093	+0,000072	+0,000011
15	0,999095	+0,000076	+0,0002[illegible]2	+0,000170	+0,000034
20	0,998181	+0,000138	+0,000335	+0,000272	+0,000067
25	0,997004	+0,000188	+0,000441	+0,000355	+0,000107
30	0,995601	+0,000193	+0,000503	+0,000391	+0,000145
35	0,994004	+0,000137	+0,000503		+0,000174

Man sieht aus dieser Vergleichungstafel, daſs die Uebereinstimmung noch sehr viel zu wünschen übrig läſst, und bleibt dem Urtheile der Sachverständigen überlassen, sagt der Verfasser, ob und in wiefern ich durch meine Bemühungen der Wahrheit näher gekommen bin, als meine Vorgänger. Wenigstens macht es die oben, S. 115., gezeigte gute Uebereinstimmung der sämmtlichen zahlreichen Beobachtungen mit der Endgleichung ganz und gar unwahrscheinlich, daſs zwischen 0° und 27° R. die Abweichung dieser Gleichung von der Wahrheit die fünfte Decimalstelle der Dichtigkeit des Wassers erreiche, indem der wahrscheinliche Fehler kaum auf die sechste Decimalstelle einwirkt. Am nächsten kommen meine Resultate jenen von Muncke, und die Uebereinstimmung,

Digitized by Google

besonders von 0° bis 10°, ist gewiſs befriedigend. Auffallend ist es, daſs sämmtliche Differenzen in vorstehender Tafel positiv sind, meine Werthe sind nämlich unter allen die kleinsten. Allein auch Muncke's Angaben, die unstreitig vorzügliches Zutrauen verdienen, sind durchgehends bedeutend kleiner, als jene der drei übrigen Tabellen, welcher Umstand mich wohl zu der Schluſsfolge berechtigen dürfte, daſs meine Werthe der Wahrheit ziemlich nahe liegen.

[Der übrige Theil der Abhandlung bezieht sich gröſstentheils auf das absolute Gewicht des Wassers, namentlich auf dessen Festsetzung in Wiener Maaſs und Gewicht. Hinsichtlich dieses verweisen wir auf das Original; dagegen ist in gegenwärtigem Auszuge Alles mitgetheilt, was nöthig schien, um beurtheilen zu können, welche Sorgfalt und Genauigkeit der Hr. Verfasser (dem man bereits mehrere schätzbare Untersuchungen mathematisch-optischen Inhalts, so wie eine sehr zweckmäſsige Methode, die Krümmungshalbmesser achromatischer Objective zu messen, verdankt) auf diese Untersuchung verwandt hat.]

VII. *Ueber die Gestalt der isogonischen, isoklinischen und isodynamischen Linien im Jahre 1829, und die Anwendbarkeit dieser eingebildeten Curven für die Theorie des Erdmagnetismus;*

von G. A. Erman.

Auf einer in den Jahren 1828, 1829 und 1830 ausgeführten Reise habe ich die Intensität der magnetischen Kraft und die zur Bestimmung ihrer Richtung im Raume nöthigen zwei Winkelcoordinaten, an 310 verschiedenen Orten der Erdoberfläche bestimmt. 125 dieser Orte befinden sich auf dem Continente der alten Welt zwischen den Meridianen 15° und 160° östl. Länge von Greenwich,

die übrigen gröſstentheils auf den Meeren, die unter Meridianen von mehr als 160° östl. Länge von Grenwich liegen. Auf der beigefügten Karte sind die meisten dieser Orte durch Kreuze angedeutet; in den Gegenden aber, wo diese Zeichen zu nahe an einander gerückt seyn würden, um deutlich unterscheidbar zu seyn, hat man einige derselben ausgelassen.

Nach Beendigung der mich jetzt beshhäftigenden Berechnung astronomischer Beobachtungen zur genaueren Ermittelung der Lage der Beobachtungsorte, und nach neuer Erwägung der für die Intensitätsbeobachtungen nöthigen Temperaturcorrectionen werde ich das vollständige Detail der unmittelbaren Beobachtungen und ihrer nächsten numerischen Resultate bekannt machen. An diese werden sich dann, über die, den magnetischen Erscheinungen zu Grunde liegenden Kräfte, analytische Untersuchungen knüpfen lassen: die einzigen, die auch hier im Stande sind vorläufig gefaſste Ansichten entweder zu widerlegen oder zum Werthe eines bestimmten Wissens zu erheben. Es scheint mir indessen zweckdienlich, schon jetzt durch graphische Darstellung, nach einer durch langen Gebrauch bei magnetischen Arbeiten gewöhnlich gewordenen Art, den dafür sich interessirenden Physikern eine Uebersicht zu geben über die, von den oben erwähnten Beobachtungen zu erwartenden, Ergebnisse.

Die auf beiliegender Karte (Taf. II.) gezeichneten krummen Linien sind *die:* gleicher Intensität, gleicher Neigung und gleicher Abweichung, oder, wie man sie kürzer genannt hat, die isodynamischen, isoklinischen und isogonischen Linien. Die gegenwärtigen sind begründet auf numerische Resultate, welche durch angenäherte Rechnungen schon im Laufe der Reise selbst, aus den Beobachtungen gezogen wurden; die Verbesserungen, welche an diese Werthe noch anzubringen sind, werden nur Gröſsen von einer, auf dem Maaſsstabe dieser Karte nicht sichtbaren, Ordnung seyn; man kann daher annehmen,

Digitized by Google

daſs die dargestellten Linien schon jetzt alle Haupteigenschaften zeigen, die sie in der Wirklichkeit besitzen.

Bei der Construction derselben ist durchaus nur graphische Interpolation angewendet worden, und namentlich so, daſs man neben die angedeuteten Beobachtungsorte zuerst nur die, auf eine der drei Arten von Linien, z. B. auf die isodynamischen, sich beziehenden Zahlen hinschrieb. Dann suchte man zuerst diejenigen der zu dieser Art gehörigen Linien zu ziehen, für welche ein längeres Stück sich unmittelbar ergab, indem man durch das System von Punkten, für welche die Intensität um einen gewissen runden Werth schwankte, die diesen Werth darstellende Linie so hindurch legte, daſs sie sich soviel als möglich von den Punkten um Gröſsen entfernt hielt, welche den Ueberschüssen der den Punkten zukommenden Werthe über den durch die Linie dargestellten proportional wären. Nach denselben Grundsätzen ergaben sich für andere Linien zunächst nur einzelne Punkte, bis endlich wieder ein günstig gelegenes System von Beobachtungsorten ein längeres Curvenstück zu erhalhalten erlaubte. Verglich man nun den Lauf der zwei so erhaltenen längeren Curvenstücke, so zeigte sich, ob dieselben genau parallel, oder ob eine Entfernung vom Parallelismus stattfände; hierdurch lieſsen sich auch von denen, zwischen beide direkt gegebene Stücke, fallenden Linien, von welchen bisher nur einzelne Punkte gegeben waren, längere Stücke erhalten, indem man, im ersteren der eben erwähnten Fälle, diese Stücke den beiden direct erhaltenen genau parallel legte, im zweiten Falle aber durch allmählige Aenderungen ihren Richtungen beilegte, welche, das Mittel haltend zwischen den Richtungen der zwei direct erhaltenen Linien, sie derjenigen am ähnlichsten machten, der sie zunächst gelegen waren.

Angabe der Beobachtungsorte auf der Kante setzt den Betrachter in den Stand, auch nachträglich vollkommen zu beurtheilen, welche Sicherheit einem willkührlich

Digitized by Google

von ihm gewählten Curventheile zukomme; es gilt nämlich hierbei der allgemeine Grundsatz, daſs ein System von Beobachtungsorten um so günstiger zur Gestaltbestimmung einer Linie ist, je näher es mit derselben parallel liegt. So ist in Sibirien, unter den Meridianen von 75° östl. von Greenwich, eine Reiseroute am günstigsten für die Bestimmung der isogonischen Linien, wenn sie auf einem Breitenkreise fortgeht; bei gleicher Breite aber unter dem Meridiane von 110° östl. von Greenwich ist für denselben Zweck ein wenig von der Meridianrichtung verschiedener Weg der günstigste. Da indessen die senkrechte Entfernung der Linien einer Art von einander, ein eben so wichtiges Element für die richtige Construction derselben ist, als die Gestalt *einer* derselben, so ist es am günstigsten, wenn man oftmals Wege nimmt, welche senkrecht auf einander stehend einen Punkt mit einander gemein haben.

Vermieden wurde diejenige Art der Construction, welche auſser der graphischen Interpolation auch noch eine mathematische anwendet, und daher Abhängigkeitsverhältnisse zum Grunde legt, die erst bei vollkommener Kenntniſs der magnetischen Grundkräfte als erwiesen betrachtet werden können. So hat man sich namentlich in neuerer Zeit zur Bestimmung der isoklinischen Linie von 0° eines von *Kraft* bemerkten Abhängigkeitsverhältnisses zwischen der magnetischen Breite und der Neigung bedient. Da nun aber erweiſsbar ist, daſs dieses Gesetz nur in dem Falle von nur zwei magnetischen Anziehungspunkten, die einander äuſserst nahe liegen, mit Strenge stattfinde, so kann die Vermischung der beobachteten Werthe mit denen einer solchen Interpolation nur entstellend auf das Resultat wirken; man wird dadurch Linien erhalten, welche das Mittel halten zwischen den wirklichen und denen die bei einem ideellen Zustand der Grundkräfte stattfinden würden.

Ich erlaube mir nun, die für die jetzige Zeit (1829)

Digitized by Google

aufgefundene Lage und Gestalt der drei Arten von Linien etwas genauer zu betrachten; einige Bemerkungen über den, wie es mir scheint, sehr verschiedenen wissenschaftlichen Werth, den man einer jeden dieser drei ideellen Curven beizulegen hat, mögen am Schlusse ihren Platz finden.

Der Kürze wegen habe ich im Folgenden die Längen der Orte, sämmtlich vom Greenwicher Meridian anfangend, von Westen gegen Osten hin gezählt; eine fernere Wiederholung der Angabe des Anfangspunktes wird also überflüssig.

I. Isogonische Linien.

Bei diesen deutet das Zeichen:

+ die zu westlichen } Abweichungen gehörigen
— die zu östlichen } Linien an.

Man sieht zuvörderst, dafs von 30° Länge an das asiatische Festland durch eine ununterbrochene Linie ohne Abweichung in zwei Theile getheilt wird; im Norden derselben findet man nur östliche, im Süden westliche Abweichungen. Vergleicht man diese Nulllinie mit einer Darstellung derselben für das Jahr 1800 *), so sieht man, dafs sie nicht sowohl eine Verrückung parallel mit sich selbst, als eine merkliche Gestaltänderung erlitten hat; namentlich ist der westliche Zweig dieser Linie gegen Westen hin, die beiden (der aufsteigende und der niedersteigende) östlichen Zweige aber, sind gegen Osten hin fortgerückt, so dafs dadurch eine Erweiterung des nördlich von der Curve enthaltenen Raumes oder des Gebietes der Ostabweichung entstanden ist. Man überzeugt sich leicht, dafs für Orte, wo die isogonischen Linien *aufsteigende Zweige* haben, Zuwachs einer gewissen Abweichung ein Fortrücken dieser Zweige bewirken müsse, welches direct entgegengesetzt ist dem, durch denselben Zuwachs bewirkten Fortrücken *niedersteigender Zweige.*

*) Hansteen's Magnetismus der Erde. Atlas. Taf. X.

Demnach hat also die Gestaltenänderung einer isogonischen Linie, wie die eben betrachtete, nicht mehr und nicht weniger Auffallendes, als die gleichbedeutende Thatsache, daſs die östliche Abweichung zugenommen habe innerhalb des ganzen von ihrer concaven Einbiegung enthaltenen Raumes; hierdurch werden in der That die Zweige, welche diese Einbiegung bilden, von einander entfernt und der concave Bogen verflächt.

Man ersieht auſserdem aus der beigefügten Karte, wie in Bezug auf den in neuerer Zeit angeregten Fragepunkt: ob Asien von zwei gesonderten Linien ohne Abweichung durchzogen sey oder nicht, die bestimmteste Entscheidung dafür erhalten worden ist, daſs es nur *eine* giebt; in sofern man nämlich nur an der bestimmten Terminologie sich halten will, für welche der Sprachgebrauch sich bereits entschieden zu haben scheint. Ich meine, daſs man unter einer *Nulllinie* oder *Linie ohne Abweichung* das ganze System von Punkten verstehe, welche eine Linie dieser Art auf ihrem Wege von dem einen astronomischen Pol der Erde zu dem anderen durchläuft, und daſs man die, oft entgegengesetzte Richtungen annehmenden, Theile einer solchen Linie nur durch den Namen Zweige bezeichnet. In diesem Sinne nun sind die successiv bei *Nijnei Nowgorod* 45° Länge, auf dem *Jakuzker Wege* (98° bis 105° Länge) und auf dem *Ochozker Meere* (149° Länge) von mir durchschnittenen Theile der Nulllinie sämmtlich nur Zweige ein und derselben Curve.

Wie die Entscheidung dieser Fragepunkte erhalten worden sey, zeigt wiederum die Vertheilung der Beobachtungsorte über das durchreiste Land. Da man z. B. bei der Reise von *Tobolsk* nach *Obdorsk* (unter den Meridianen 66° bis 68° Länge) in hohen Breiten von 67°, Ostabweichungen fand die bis nahe 15° anwuchsen, und durch den nachherigen Weg östlich von diesem Meridian auf dem Parallele von 56° Breite, fand, daſs zu

dieser geringeren Breite keine isogonische Linie von mehr als 10° hinabsteige, so überzeugte man sich, daſs das unter dem 75° Länge stattfindende Maximum der Ostabweichung nicht für verschiedene Breiten einen constanten Werth habe, wie es bei der Annahme zweier getrennter Linien ohne Abweichung für Sibirien seyn müſste, sondern daſs der Werth dieses Maximums für jede Breite ein anderer sey, je nachdem der concave Scheitel der einen oder einer anderen isogonischen Linie sich noch bis zu dieser Breite hinaberstrecke. — Eben so ergab sich mit Klarheit die Verbindung des zweiten und dritten Zweiges der Nulllinie zu einem einzigen Ganzen, durch die nahe auf einerlei Parallel gerichtete Reise von 120° Länge bis nach *Ochozk*. Diese erwieſs unwidersprechlich die Existenz eines convexen Scheitels für die isogonische Linie von +5°, und hiermit auch die einer entsprechenden Biegung für die Nullinie selbst.

Ich glaubte dieses Verhältnisses noch besonders erwähnen zu müssen, da der Wunsch, den zweiten und dritten Zweig als gesonderte Linien betrachten zu können, sogar zur Verwerfung einer, sich nun vollkommen bestätigt habenden Abweichungsbeobachtung des Capitain Billings in Jakuzk, geführt hatte, und da man andererseits die Trennung des ersten und zweiten Zweiges noch nach der vorläufigen Mittheilung meiner Beobachtungen, ehe man durch graphische Methoden die Gesammtheit derselben in Erwägung gezogen hatte, für wahrscheinlich gehalten hat (siehe diese Annal. Bd. 92. S. 149.). — Diese Linie ohne Abweichung, deren niedersteigenden Zweig wir zum letzten Male auf dem Ochozker Meere durchschnitten haben, zieht sich bekanntlich von dort durch den groſsen Ocean, wahrscheinlich noch mit bedeutenden Abbiegungen von der Meridianrichtung, und geht dann durch den Continent von Neuholland und endlich zum Südpol der Erde. Durch letzteren Umstand nun wird sie in dem oben angeführten Sinne zu einer

selbstständigen Linie ohne Abweichung, von welcher man zu unterscheiden hat: eine zweite Linie dieser Art, die vom Südpol der Erde ausgehend, den südlichen Atlantischen Ocean durchschneidet, in den Amerikanischen Continent ein wenig nördlich von *Rio Janeiro* eintritt, und in ihrer nördlichen Verlängerung von einander trennt: die isogonischen Linien östlicher Abweichung, welche in Nordamerika sich finden, von denen westlicher Abweichung, die den nördlichen Atlantischen Ocean einnehmen.

Es giebt also auf der Erde wirklich nur zwei Linien ohne Abweichung, und der Fall der Natur ist, *in dieser Beziehung*, übereinstimmend mit dem von Euler entwickelten, der nur eine Magnetaxe im Inneren der Erde voraussetzt. Die Unmöglichkeit, daſs diese Euler'sche Hypothese in der Natur begründet sey, zeigt sich aber von der andern Seite augenblicklich, wenn man die Gestalt der isogonischen Nulllinie, wie sie die Karte giebt, mit der aus der einfachen Theorie folgenden vergleicht; die zweimalige Zurückbiegung der Asiatischen Nulllinie wird dann zu einem vollständigen Beweis für die Existenz von mehr als einer Magnetaxe der Erde. Man würde aber sicher von der andern Seite zu weit gehen, wenn man, in der anscheinend sehr groſsen Gestaltenverschiedenheit zwischen der Asiatischen isogonischen Nulllinie und der durch den Atlantischen Ocean gehenden, einen Beweis für gänzlich unsymmetrische Vertheilung der anziehenden Punkte in beiden Halbkugeln der Erde zu finden glaubte. Denn wirklich kann man sich leicht überzeugen, daſs diese Gestaltenverschiedenheit nicht so bedeutend ist, als sie beim ersten Anblick scheint. Verfolgen wir eine jede dieser zwei Linien in höhere Breiten, die eine gegen Norden, die zweite gegen Süden, so sehen wir jene plötzlich einen nach Westen gerichteten Lauf annehmen und mehrere Einbiegungen haben, während bei der zweiten in jetziger Zeit Nichts dem Aehnliches zu bemerken ist. Betrachtet man aber die Gestalt

Digitized by Google

der isogonischen Linie von —10°, die südwestlich vom *Cap Horn* geht, und die der darüber liegenden isogonischen Linie von —5°, so läſst sich eine groſse Analogie der Gestaltung zwischen den nördlichen und südlichen Linien nicht verkennen. Man denke sich nur für den, westlich von der Atlantischen Nulllinie gelegenen, obenerwähnten Raum, die östlichen Abweichungen sämmtlich vermindert, so wird diese Nulllinie eine Einbiegung erhalten, die sie dem jetzigen Laufe der isogonischen Linie von —10° parallel macht; ein horizontal ablaufender Zweig derselben wird sich alsdann gegen Westen hin fortziehen, bis jenseits des Mittelpunkts der, jetzt geschlossenen, dann aber sich öffnenden isogonischen Linien von weniger als —5. Von da aus wird die Nulllinie nach Norden sich wenden, bis etwas nördlich vom Erdäquator und dann gegen Osten gewandt (gerade wie es jetzt mit der isogonischen Linie von —5°) der Fall ist, wiederum mit ihrem, durch das Festland von Amerika nach Norden hin, gehenden Zweig sich vereinigen. In das Innere des jetzt geschlossenen Raumes treten alsdann: nach *SW. zu convexe* Scheitel, isogonischer Linien von *West*-Abweichung, hinein, und vollenden die Aehnlichkeit dieser Gegend mit der in Nordasien, wo zwischen *Jakuzk* und *Ochozk* westliche isogonische Curven sich mit eben solchen convexen Scheiteln bis zu Parallelkreisen von etwa 67° erstrecken. Um diese Aehnlichkeit zwischen anscheinend so verschiedenen Curven hervorzubringen, ist nur nöthig, daſs durch die secularen Veränderungen der magnetischen Grundkräfte eine Abnahme der östlichen Abweichung für die jetzt westlich von der Atlantischen Nulllinie gelegenen Orte erfolge. Ein Beispiel zu einer solchen, über einen groſsen Raum sich erstreckenden, gleichartigen Veränderung der Abweichung haben wir oben gesehen *); die Möglichkeit, daſs die At-

*) Man übersieht diesen, für alle innerhalb des concaven Bogens der Asiatischen Nullinie gelegenen Orte, erfolgten Zuwachs der östlichen Abweichung aus Schubert's Beobachtungen im Jahre

Digitized by Google

lantische Nulllinie die jetzige Gestalt der Asiatischen Nulllinie annehmen könne, läſst sich demnach nicht leugnen, wenn man sich nur frei hält von der, schon durch unsere bisherige Erfahrungen widerlegten, vorgefaſsten Meinung: als müsse die Abhängigkeit der isogonischen Linien von der Zeit, in einer fortschreitenden Bewegung ohne Gestaltenänderung bestehen. — Mit Bezug auf diesen und ähnliche Punkte ist es ein eben so interessanter als leicht einzusehender Umstand, daſs sich die Gestaltenänderungen der isogonischen Linien, in Folge gewisser vorausgesetzter Aenderungen der Declination, mit Strenge voraussagen lassen, sobald man nur für irgend ein gegebenes Zeitmoment die Gestalt dieser Linien richtig aufgefaſst hat; fast fruchtlos würde hingegen das umgekehrte Bestreben seyn, zu dem man sich in älteren Zeiten wohl hinneigte: den Zustand der Linien für ein gegebenes Moment, mit Hülfe der, an verschiedenen Orten beobachteten, *secularen Aenderungen* der Abweichung zu bestimmen. Wendet man nun diese vollkommen mögliche a priorische Betrachtung über die Gestaltenänderung der isogonischen Curven auf wirkliche Fälle an, so findet man leicht, daſs die Bewegung der isogonischen Linien, mit Beibehaltung ihrer anfänglichen Gestalt, weit ungleichartigere und complicirtere Veränderungen der Abweichung voraussetzen würde, als eine Fortbewegung derselben, die zugleich von schicklichen Aenderungen der anfänglichen Ge-

1805, verglichen mit den meinigen. Es fand sich namentlich die Abweichung

	im Jahre 1805.	1829.
zu *Kasan*	−2° 2′	−2° 22′
- *Perm*	−1 10	−6 26
- *Tobolsk*	−7 9	−9 36
- *Tara*	−6 6	−9 40
- *Tomsk*	−5 37	−8 35
- *Irkuzk*	−0 32	−2 5

Digitized by Google

Gestalt begleitet wäre, und es möchte demnach kaum ein Grund zur Festhaltung an der oben erwähnten Meinung vorhanden seyn.

Um Formenänderungen dieser Art leichter und faſslicher andeuten zu können, möchte es nicht unnütz seyn, auf gewisse Hauptklassen isogonischer Linien, die man bei dem jetzigen Zustande derselben unterscheiden kann, und die ihrer Natur nach wohl zu jeder Zeit sich finden werden, aufmerksam zu seyn, und sie durch besondere Namen zu bezeichnen.

Aus der beigefügten Karte ersieht man, daſs die isogonischen Linien entweder:

1) *in sich zurückkehren, ohne einen der beiden astronomischen Erdpole zu erreichen.* Man könnte sie vorzugsweise *geschlossene isogonische Linien* nennen. Ein schönes Beispiel dieser Art giebt das System östlicher Abweichung in der Südsee, wo die Linie von —5° einen Raum einschlieſst, in welchem die Abweichung sich gegen den Mittelpunkt zu vermindert, jedoch, wie es scheint, nicht unter —2°. — Bei dem System westlicher Abweichung, so weit es unsere Beobachtungen kennen lehrten, ist in diesem Augenblicke ein ähnliches Verhältniſs in *China* auf dem Meridiane von *Jakuzk* vorhanden; doch können die daselbst sich zeigenden geschlossenen Curven nur einen weit geringeren Raum einschlieſsen, als die in der Südsee vorhandenen. Auſserdem findet noch der unterscheidende Umstand statt, daſs, während bei dem geschlossenen Systeme der Südsee die Abweichung vom Mittelpunkt gegen die Peripherie hin zunimmt, bei dem Asiatischen Systeme sie sich in demselben Sinne hin abnehmend zeigen muſs *).

*) Noch directeren Aufschluſs über die Abweichungen in dieser Gegend hat man von Beobachtungen zu erwarten, die Hr. Fuſs auf einer Reise von *Kiachta* nach *Peking* im Gefolge der Russischen geistlichen Mission, mittelst eines transportablen Passageinstruments und damit verbundenem Declinatorium, anzustellen sich vorgesetzt hat.

Digitized by Google

Die *geschloſsenen isogonischen Linien* durchschneiden immer nur eine gewiſse Anzahl von Parallelkreisen der Erde, ohne je den von 90° zu erreichen. — Es giebt:

2) *isogonische Linien, die nur durch einen der astronomischen Erdpole gehen.* Man kann sie *zurückkehrende* nennen, in sofern sie zu der Polargegend, von der sie ausgehen, zurückkehren, ohne die entgegengesetzte zu erreichen; sie durchschneiden alle zwischen 90° und einem für eine jede besonders anzugebenden Minimum enthaltenen Parallelkreise der Erde.

In jeder geographischen Halbkugel der Erde giebt es bekanntlich zwei Arten von Punkte, durch welche mindestens *eine* isogonische Linie für einen *jeden* Grad gehen muſs. Namentlich ist der astronomische Pol der Halbkugel einer dieser Punkte; die Punkte der zweiten Art sind diejenigen, in welchen der Winkel der magnetischen Kraft mit dem Horizonte = 90° ist. Die Zahl der letzteren ist uns noch unbekannt, wir können daher bis jetzt nur sagen, daſs je zwei *zurückkehrende isogonische* Linien *mindestens* zwei Durchschnittspunkte haben müssen. Auſserdem sieht man auch aus dieser Betrachtung, daſs, wenn für irgend einen Grad der Abweichung geschlossene isogonische Curven vorkommen, für denselben Grad auſserdem noch eine *zurückkehrende* oder eine von der unten zu erwähnenden Art vorhanden seyn müsse. Solche zurückkehrende isogonische Linien sind in der nördlichen Halbkugel alle die: von 20° und mehr Westabweichung, und die: von mehr als 15° Ostabweichung, mit Bestimmtheit; es kann aber auch seyn, daſs für jede Art der Abweichung noch einige zu niedrigeren Graden gehörige Linien dieser Klasse gehören.

3) *Giebt es isogonische Linien, die von einem astronomischen Pol zum andern gehen.* Jede von ihnen durchschneidet also alle Parallelkreise der Erde mindestens ein Mal, und unter sich haben je zwei derselben mindestens vier Durchschnittspunkte. Man könnte sie *kreuzende*

Digitized by Google

isogonische Linien nennen. In dieser Klasse befinden sich:

Für die *westliche Abweichung*: für jeden Werth kleiner als 15°,
und für die *Oestliche* . . . . . . : . . . . 10°; mindestens *eine* isogonische Linie.

Endlich giebt es:

4) *isogonische Linien, die an einem Punkte in zwei Zweige sich spalten, von denen* der eine *zurückkehrend*, der andere *kreuzend* ist. Eine Linie, die zu einem von —10° wenig verschiedenem Werthe gehört, und im groſsen Ocean sich befindet, ist in diesem Fall. Sie hat die Gestalt, die wir auf der Karte der Linie von —10° gegeben haben; aus der Natur der Sache folgt aber, daſs durch graphische Interpolation zwischen einer beschränkten Anzahl von Beobachtungen nicht mit Sicherheit der wahre Werth, zu welchem eine Curve solcher Art gehört, ausgemacht werden konnte, wenn auch über die Existenz des Verhältnisses kein Zweifel bleibt. Da Linien dieser Art immer zu dem gröſsten derjenigen Werthe gehören müssen, für welchen noch eine *kreuzende isogonische* Linie sich findet, so könnte man sie *letzte kreuzende* Linien nennen.

Der Häufigkeit ihres Vorhandenseyns nach, folgen die isogonischen Linien:

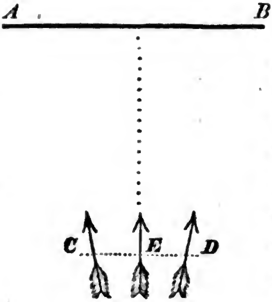
1) *die zurückkehrenden*,
2) *die kreuzenden*,
3) *die geschlossenen*,
und 4) *die letzten kreuzenden*, von denen nie mehr, als *zwei* für östliche und *zwei* für westliche Abweichung vorhanden seyn können.

Noch kann man bemerken, daſs für einen jeden Grad der Abweichung mindestens zwei von einander unabhängige isogonische Linien von irgend einer der genannten vier Arten vorhanden sind. Finden sich für einen Werth

Digitized by Google

mehr als zwei Linien, so sind die überschüssig vorhandenen von der Art der *geschlossenen isogonischen* Linien.

Um die Frage über eine, zwischen den Richtungen der magnetischen Meridiane stattfindende, Convergenz durch meine Beobachtungen zu prüfen, habe ich auf der kleineren Karte, welche die nördliche Halbkugel der Erde auf die Ebene des Erdäquators orthographisch projicirt vorstellt, durch Pfeile die Richtungen der magnetischen Meridiane angedeutet, welche an verschiedenen, sämmtlich an der punktirt gezeichneten Peripherie der isoklinischen Linie von 75° gelegenen, Punkten beobachtet wurden. Man sieht hieraus, daſs nur in der Nähe der Meridiane von 110° und 290° diese Richtungen nach der Seite des Erdpols hin stark convergiren, an den übrigen Theilen der punktirt angedeuteten Linie sieht man dieselben entweder nur langsam einander sich nähern, oder, an zwei Stellen, sogar gegen den Pol zu divergiren, so daſs ihre gegen den Aequator gerichteten Verlängerungen sich durchschneiden würden. — Auch diese stellenweise vorkommende *Divergenz gegen den Erdpol* ist eine Folge von dem Vorhandenseyn *zweier* Anziehungsmittelpunkte in der betrachteten Hemisphäre. Denkt man sich namentlich diese zwei Anziehungspunkte durch eine Grade *AB* vereinigt, so muſs es Orte geben wie *E*, an welchen die Ebene des magnetischen Meridians senkrecht steht auf *AB*, und es ist klar, daſs zwei Beobachter, welche von einem solchen Orte *C* aus, der Eine gegen *C*, der Andere gegen *D*, parallel mit *AB* sich fortbewegen, nothwendig Meridianrichtungen beobachten werden, die nach der Seite der anziehenden Mittelpunkte zu, divergiren. Man fühlt leicht, daſs dieses auch dann noch stattfinden wird, wenn man,



wie es in der Natur der Fall seyn muſs, die Meridianrichtungen in *C*, *D* und *E* nicht durch die Wirkung von *A* und *B* allein, sondern auſserdem noch von zweien in der entgegengesetzten Hemisphäre gelegenen, aber ungleich schwächer als *A* und *B* wirkenden Anziehungspunkten hervorgebracht denkt. Wegen der stärkeren Wirksamkeit von *A* und *B* wird offenbar alsdann dieselbe Divergenz stattfinden, als wenn *A* und *B* allein vorhanden wären, nur in einem, je nach der Lage der zwei andern Mittelpunkte, entweder stärkerem oder schwächerem Grade.

Wollte man aber aus den angedeuteten Meridianrichtungen die Lage zweier Anziehungspunkte finden, die man zur Erklärung der Abweichungserscheinungen *auf der Erdoberfläche sich vorstellen wollte*, so müſste man sich ausschlieſslich gewisser, unten näher zu bezeichnender, Beobachtungen bedienen; die übrigbleibende groſse Mehrheit aber geflissentlich und ganz willkührlich ausschlieſsen, ein Mittel, welches gewiſs nur einen sehr rohen Näherungswerth zu erlangen erlaubt.

2. Isoklinische Linien.

Bei diesen bedeutet + eine Neigung, bei welcher das Nordende,
— eine Neigung, bei welcher das Südende der Nadel dem Horizonte des Ortes zugekehrt ist.

Die Linien dieser Art, in soweit sie aus meinen Beobachtungen (zwischen $+76^{0}$ und -65^{0} Neigung) sich erschlieſsen lassen, sind sämmtlich *geschlossen* und von *doppelter Krümmung*. Die Entfernung ihrer Theile von einer an sie gelegten Berührungsebene wird um so gröſser, zu einem je höheren Werthe der Neigung die betrachtete Curve gehört.

Unter sich nähern sich diese Linien mehr dem Parallelismus, als die isogonischen, doch erleidet derselbe

auch hier gewisse Ausnahmen, nach einer sehr interessanten, unten näher zu betrachtenden Regel. In der Nordhalbkugel geben meine Beobachtungen eine directe Bestimmung beinahe aller Theile der zu Neigungen zwischen 65° und 75° gehörigen *isoklinischen Linien.* Zuvörderst wollen wir daher diese Linien näher betrachten. Die mit Bezug auf den astronomischen Nordpol genommenen Vectoren dieser Curven erreichen zwei Maxima und zwei Minima. Für die Linie von +75° namentlich, entsprechen die ersteren den Meridianen von 110° und 290° Länge, die Minima liegen in 145° und 35° Länge. — Projicirt man die zuletzt erwähnte Curve auf die Ebene des Erdäquators (wie die punktirte Linie der kleineren Karte es zeigt), so sieht man, wie eine zwischen den zwei Minimis gezogene Grade dieselbe in zwei Theile zerlegt, welche sich durch die Verschiedenheit der ihnen zukommenden Krümmungshalbmesser unterscheiden. Der Theil, welcher das Maximum des Atlantischen Oceans enthält, hat viel gröſsere Krümmungshalbmesser, als der des Sibirischen Maximums. Der erstere entfernt sich wenig von einem Berührungskreise, welchen man an *sein Maximum des Radius Vector* legen würde, und der seinen Mittelpunkt in 77° bis 78° Breite und 280° Länge hätte.

Der zweite Theil nähert sich eben so eine man sein *Maximum des Radius Vector* gelegten berührenden Kreise, dessen Mittelpunkt in 80° bis 81° Breite und 95° Länge läge. — Man sieht aber, daſs für beide Theile die Aehnlichkeit mit den angedeuteten Kreisen ganz wegfällt, da wo sie ihrem *Minimum des Radius Vector* sich nähern, namentlich für die Längen von 145° und 35°. Dort fallen die Mittelpunkte ihrer osculirenden Kreise sogar auſserhalb des Curvenraumes. Die auf der Mercator'schen Karte sichtbare Aehnlichkeit der isoklinischen Curven unter sich, zeigt, daſs das, was für eine derselben gilt, im Allgemeinen auch für die übrigen stattfinden wird; man

Digitized by Google

kann demnach allgemein sagen, daſs man sich eine jede isoklinische Linie angenähert vorstellen könne, als zwei in verschiedenen Ebenen gelegene Kreise, die da, wo sie ihren zwei Durchschnittspunkten sich nähern, verbunden sind durch, gegen die Mittelpunktslinie der beiden Kreise zu, convexe Curvenstücke. Für die Linie von 75° z. B. würde der eine Kreis in einer gegen den Erdäquator um 12° von NW. gegen SO., der andere Kreis aber in einer gegen dieselbe Ebene um 9° von NO. gegen SW. geneigten Ebene liegen.

Vergleicht man etwas aufmerksamer die isoklinischen Linien mit den Abweichungen, welche an den Orten, durch welche sie gehen, statt finden, so bemerkt man überall, daſs der Winkel zwischen der Normale der isoklinischen Linie und dem Meridiane des Orts von gleichem Zeichen und nahe gleich der an diesem Orte stattfindenden magnetischen Abweichung ist, oder mit anderen Worten, daſs die magnetischen Meridiane verschiedener Orte, die Normalebenen sind, zu denen durch diese Orte gehenden isoklinischen Linien.

Ein auffallender Beweis für diesen Umstand liegt zunächst darin, daſs von den Sibirischen Linien ohne Abweichung der erste und dritte Zweig die isoklinischen Linien genau an den Stellen schneiden, wo ihre Entfernung vom Erdpole ein Minimum, der dritte da, wo dieselbe ein Maximum ist. Da nun aber an allen diesen Stellen die isoklinischen Linien die Erdmeridiane unter rechten Winkeln schneiden müssen, so ist das Vorkommen von keiner Abweichung an denselben nur ein Folgesatz von dem so eben angedeuteten Zusammenhang.

Dieselbe Regel wird noch auffallender bestätigt; man sieht nämlich das Zeichen + bei den isogonischen Linien der Nordhalbkugel nur da vorkommen, wo dieselben von *aufsteigenden*, d. h. von SW. nach NO. gerichteten, Zweigen der isoklinischen Linien geschnitten werden; das — Zeichen findet sich hingegen nur an den von

Digitized by Google

isoklinischen Linien, die von NW. nach SO. gerichtet sind, durchschnittenen Stellen. Da nun + eine West-, — aber eine Ostabweichung andeutet, so zeigt sich wiederum die gleiche Richtung der *Normalebenen an den isoklinischen Linien* und der *magnetischen Meridiane*.

Man sieht diese Gleichheit durchaus stattfinden an allen Punkten derjenigen isoklinischen Curven, die auf der Karte vollständig dargestellt sind.

Es bleibt uns noch übrig zu untersuchen, in wiefern dieser Zusammenhang zwischen der Abweichung und den Richtungen der isoklinischen Linien auch in der Gegend kleiner Neigungen oder in der Nähe des magnetischen Aequators stattfindet. Wir nehmen als Beispiel die isoklinische Nulllinie selbst, so weit sie aus unseren Beobachtungen sich erschlieſsen lieſs. Zuerst sieht man, daſs da, wo ihr Abstand vom Nordpol der Erde ein Maximum erreicht, unter 325° Länge, diese Linie genau in dem Fall der, zu hohen Graden gehörigen, isoklinischen Linien der nördlichen Halbkugel ist; sie wird nämlich an dieser Stelle von der Atlantischen Linie ohne Abweichung durchschnitten, die in ihrer Verlängerung von dort aus gegen Norden alle concaven Scheitel der nördlichen isoklinischen Linien verbindet.

Verfolgt man, von dem erwähnten Punkte ausgehend, den magnetischen Aequator gegen Osten hin, so sieht man ihn gegen den Erdäquator viel schneller ansteigen, als er sich westlich von demselben Punkte gesenkt hatte.

Dieses Verhältniſs stimmt auf das Vollkommenste mit der Lage der isogonischen Linien und der jetzt zu untersuchenden Regel; gegen Osten, von dem Punkte des gröſsten Abstandes zwischen dem geographischen und magnetischen Aequator, nimmt nämlich die westliche Abweichung sehr schnell von 0° bis zu einem Maximum von +18° zu. Es muſs demnach, zufolge der mehr erwähnten Regel, eine sehr schnell zunehmende Steilheit der einzelnen

Digitized by Google

Curventheile erfolgen, gerade wie es in der Natur der Fall ist. Von der andern Seite des Maximums hingegen nimmt die östliche Abweichung nur bis zu 10° zu, dann aber vermindert sie sich wiederum; die Folge davon muſs eine anfangs zunehmende, hernach aber sich wiederum schnell vermindernde Convergenz des magnetischen Aequators gegen den Erdäquator seyn. Die Verminderung dieser Convergenz kann aber nicht bis zum Parallelismus zwischen beiden Aequatoren führen, weil bei seinem Wege durch den geschlossenen Raum östlicher Abweichungen der magnetische Aequator auf keine Punkte trifft, an welchen die Ostabweichung gänzlich *null* wäre.

Betrachtung der Karte zeigt wie genau auch hier der angedeutete Zusammenhang sich bestätigt. Meine Neigungsbeobachtungen, deren ich 36 zwischen den Meridianen von 218° und 236° Länge, und in Breiten zwischen 0° und 3° südlich anstellte, zeigen, daſs der magnetische Aequator zwischen diesen Meridianen wirklich von SO. nach NW. gegen den Erdäquator unter einem Winkel von nahe 1° convergire, und im Mittel zwischen beiden erwähnten Meridianen in einem Abstande von 1° 55′ südlich vom Erdäquator liegen. Dieses sehr sichere Resultat (es stellt die Beobachtungen mit Zurücklassung eines mittleren Fehlers von 7′ dar) ist im Widerspruch mit der früheren Annahme eines hier stattfindenden Parallelismus zwischen beiden Aequatoren, findet sich aber in einer merkwürdigen Uebereinstimmung mit der angedeuteten Abhängigkeit zwischen der Abweichung und der Richtung der isoklinischen Linien.

Versucht man nun dieselbe Regel auch jenseits der Grenze meiner Beobachtungen als gültig anzunehmen, so ergiebt sich, daſs westlich von dem zuletzt erwähnten Meridian, der magnetische Aequator eine, an Steilheit immer zunehmende, aufsteigende Richtung gegen den Erdäquator befolgen müsse, bis zu seinem Durchschnitt mit der isogonischen Linie von —10°. Von hier an wird die Ent-

Digitized by Google

fernung zwischen beiden Aequatoren (der magnetische befindet sich nun nördlich vom Erdäquator) zwar immer noch zunehmen, aber nach einem sich allmälig bis zum völligen Parallelismus verlangsamernden Gange. Der Parallelismus würde eintreten beim Durchschnittenwerden des magnetischen Aequators von der Asiatischen Linie ohne Abweichung. Da nun diese Linie auf früheren Karten von Prof. Hansteen so dargestellt ist, daſs sie den magnetischen Aequator *wiederholentlich* schneiden würde, so müssen auch wiederholentlich, einander aber sehr nahe gelegene, Maxima des Abstandes erfolgen. Nach einer Abweichungskarte für 1787 (Hansteen's *Magnet. der Erde;* Atlas, Taf. VI.) würde namentlich zu dieser Zeit ein dreimaliges Durchschneiden unter Meridianen von 125°, 108° und 25° Länge stattgefunden haben; das absolute Maximum des Abstandes könnte aber nur bei 125° oder bei 85°, nicht aber bei 108° stattgefunden haben, weil, in Folge der stattfindenden Abweichung, die isoklinische Nulllinie zwischen 125° und 108° eine niedersteigenden, zwischen 108° und 85° aber, einen wieder aufsteigenden Lauf befolgt haben müſste.

Wenn nun auch über die genaue Lage dieser Durchschnittspunkte zwischen der isoklinischen und isogonischen Nulllinie für die jetzige Zeit noch Unsicherheit obwaltet, so könnte doch westlich von denselben kein anderweitiges Maximum des Abstandes stattfinden, obgleich die Morlet'sche Darstellung des magnetischen Aequators ein solches nahe an den Continent von Afrika verlegt, und zwar unter den Meridian von 50°, nur um weniges östlicher als die Maxima, die wir bei den nördlichen isoklinischen Linien in Sibirien wirklich stattfinden sehen. — Daſs diese von Hrn. Morlet vorausgesetzte Gestaltung gegen die mehrerwähnte Regelmäſsigkeit widerstreitet, ersieht man dadurch, daſs der westlichste Zweig der Sibirischen Linie ohne Abweichung, welchen wir durch die convexen Scheitel der isoklinischan Linien von +65°, 70° und 75°

Digitized by Google

hindurchgehen sahen, sich nach Osten zurückbiegt, bei weitem ehe er den magnetischen Aequator erreicht. Nach der obigen Regel können daher schon für isoklinische Linien, die zu weit höheren Graden als Null gehören, durch diesen Zweig keine mit Bezug auf den Erdpol convexen Scheitel bewirkt werden. Man bemerkt auſserdem wie für die eben genannten isoklinischen Linien, zu je niedrigeren Graden sie gehören, der convexe und concave Scheitel, welche respective mit dem ersten und zweiten Zweige der Linie ohne Abweichung zusammenfallen, immer näher an einander rücken, und folgert leicht, daſs: diejenige isoklinische Linie, welche von der Linie ohne Abweichung noch *einmal* berührt, nicht aber zweimal geschnitten wird, so wie auch alle südlicher gelegenen isoklinischen Linien nur einen sogenannten *Inflexionspunkt* (bei welchem die Krümmung der Curve aus dem Convexen in's Concave übergeht, oder umgekehrt), nicht aber *zwei Scheitel*, einen convexen und einen concaven, haben werden. Bei der letzten von der Linie ohne Abweichung *berührten* isoklinischen Linie, wird die an diesen *Inflexionspunkt* gelegte Tangente noch parallel mit dem als Abscissenaxe gedachten geographischen Aequator seyn; sie wird gegen denselben geneigt seyn für alle folgenden isoklinischen Linien, jedoch so, daſs an dem Inflexionspunkte einer jeden Curve, die von NO. nach SW. gerichtete Neigung der Tangente gegen den Aequator, ein Minimum erreicht. — Ein solcher *Inflexionspunkt* nun müſste, zufolge der mehr erwähnten Regel, für den magnetischen Aequator an die Stelle des in die Nähe von Afrika verlegten Maximums des Abstandes treten. — Nur zwei Wege können, wie es mir scheint, Gewiſsheit darüber verschaffen, ob ein Verhältniſs, welches an den bis jetzt bekannten Stellen der Erde sich durchgängig zu bewähren scheint, an der noch unbekannten eine so bedeutende Ausnahme erleide. Der eine Weg wäre, Neigungsbeobachtungen in der nördlichen tropischen Zone des Afrikanischen Con-

Digitized by Google

tinents zu erhalten; der andere, von dem es mir wahrſcheinlich ſcheint, er werde vorzugsweiſe gewählt werden, beſtände darin: mit Hülfe der bereits vorhandenen über den gröſsten Theil der Erdoberfläche ſich erſtreckenden magnetiſchen Beobachtungen zur Kenntniſs der magnetiſchen Grundkräfte mit hinreichender Vollſtändigkeit zu gelangen, um aus ihnen für die noch unbekannten Orte die Erſcheinungen mit Sicherheit zu erſchlieſsen.

Als einen bemerkenswerthen Umſtand kann man noch erwähnen, daſs, im Fall das angedeutete Abhängigkeitsverhältniſs zwiſchen der Abweichung und den *isokliniſchen* Linien mehr als ein *angenähert ſtattfindendes* ſeyn ſollte, die an beliebigen Orten der Erde ſtattfindenden Abweichungen ſich ohne directe Beobachtungen aus einem hinlänglich vollſtändigem Syſtem von Neigungen würden erſchlieſsen laſſen, während von der anderen Seite: ein Syſtem von Abweichungsbeobachtungen *nicht* im Stande iſt, die Neigungen kennen zu lehren.

III. Isodynamiſche Linien.

Der Mangel an Parallelismus, zwiſchen dieſen Linien und den isokliniſchen, zeigt, daſs nicht zu gleichen Intenſitäten immer gleiche Neigungen gehören; ſo finden z. B. auf der isokliniſchen Nulllinie ſehr verſchiedene Intenſitäten ſtatt, über die ſich das Nähere aus der Karte erſehen läſst. Die durch Hrn. von Humboldt im Jahre 1799 auf dem magnetiſchen Aequator in Peru gefundene Gröſse der Kraft, die wir als willkührliche Einheit für unſere Beobachtungen gewählt haben, findet jetzt unter andern auf dem magnetiſchen Aequator in 225° Länge ſtatt *), und iſt der gröſste aller, zwiſchen den Meridianen 140° und 360° auf der isokliniſchen Nulllinie vor-

*) Die weſtlich von dieſem Punkte angedeuteten zwei Linien von 0,95 und 0,90 ſind die einzigen, die ich nicht aus meinen Beobachtungen, ſondern aus denen des Capitain Du Roſsel auf *Amboïna* gefolgert habe.

kommenden Werthen der Intensität. — Intensitätsgröſsen zwischen 0,75 und 1,00 finden sich auf geschlossenen Curven, von denen eine jede eine Sehne des magnetischen Aequators zum Durchmesser hat, und namentlich ist die Kraft 0,75 die kleinste von allen, die ich beobachtet habe; es scheint, als könne sie nur wenig von dem jetzt an der Erdoberfläche stattfindenden absoluten Minimum entfernt seyn. — Alle Intensitäten, die zu Folge unserer Bezeichnung gröſser als 1,20 sind, kommen hingegen, eine jede mindestens zwei Mal, auf einem *jeden* Meridiane der Erde vor.

Zu je gröſseren Werthen der Intensität die isodynamischen Linien gehören, desto unverkennbarer spricht sich auch in ihnen die Existenz *zweier* in einer jeden Halbkugel der Erde vorherrschenden Anziehungsmittelpunkte aus. Für diese Linien erreichen die vom Erdpol aus gezogenen Vectoren ebenfalls zwei Maxima und zwei Minima, gerade wie es bei den isoklinischen Linien bemerkt wurde. Um diese Eigenschaft besser übersehen zu können, als es auf einer Mercator'schen Karte möglich ist, habe ich beispielsweise die isodynamische Linie von 1,45 auf die Ebene des Aequators projicirt dargestellt. Vergleicht man aber auf der gröſseren Karte die Gestalt dieser letzteren mit der aller zu höheren Werthen gehörigen Linien, so sieht man, daſs diese dieselben Eigenschaften besitzen als jene. — Die Projection der Linie von 1,45 erreicht ihr Maximum des Abstandes vom Erdpol, in 285° und 110° Länge, das Minimum aber in 20° und 175°. Vergleicht man die Lage dieser Punkte mit der der analogen für die isoklinischen Linien, so ersieht man, daſs für die isodynamischen Linien eine, durch die zwei Minima gelegte gerade Linie näher an der Mitte zwischen den Mittelpunkten der zwei erzeugenden Kreise (siehe oben) vorbeigeht, als solches für die isoklinischen Linien der Fall ist. Da nun aber, wie wir oben gesehen haben, diese Minima der Vectoren *da* eintreten, wo

Digitized by Google

beide anziehende Mittelpunkte eine gleich starke Wirkung ausüben, so sieht man, daſs, in Bezug auf Intensität, die Wirkung des Asiatischen Mittelpunktes um weniger zurückbleibt gegen die des Amerikanischen, als in Bezug auf Neigung; ein Umstand, der für ersteren eine geringere Tiefe unter der Erdoberfläche anzudeuten scheint.

In Bezug auf die Anwendbarkeit der drei Arten von Curven, von denen hier die Rede war, auf die eigentliche Theorie des Erdmagnetismus, erlaube ich mir einige Bemerkungen.

Die häufige Anwendung, die man in der Physik von *ideellen* Curven gemacht hat, rührt her von dem Bestreben, gewisse Erscheinungen auf *nur räumliche* Verhältnisse zurückzuführen, und dadurch die Betrachtung *der*, den Erscheinungen zu Grunde liegenden, wesentlichen Kräfte einstweilen ganz zu vermeiden. Ich glaube, daſs man zu diesem Verfahren hauptsächlich geleitet wurde durch Nachahmung des in der Astronomie sichtbar werdenden Ganges der Ideenentwicklung.

Wirklich scheint es unleugbar, daſs die von Keppler aufgefundene Gesetzmäſsigkeit zwischen nur räumlichen Gröſsen, die nachherige Einsicht in die, den Erscheinungen zu Grunde liegenden Kraftverhältnisse, sehr zu erleichtern im Stande war; ob aber in einem gegebenen Felde der Physik, die künstliche Zurückführung auf *nur räumliche* Verhältnisse, einem directeren, versuchsweisen Anpassen einer gewissen Hypothese über die Grundkräfte an die beobachteten Gröſsen selbst, vorzuziehen sey, bedarf gewiſs jedesmal eines besonderen Beweises. Um diesen Beweis für oder wider die Einführung eingebildeter Curven in Bezug auf den Magnetismus der Erde zu leisten, erlaube ich mir eine Vergleichung seines Standpunktes mit denen in der physischen Astronomie vorkommenden Betrachtungen. — Die Bahn eines Himmelskör-

Digitized by Google

pers liefert für jeden Punkt im Raume, durch welchen sie geht, die Richtung der Resultante aus den, von gewissen anziehenden Mittelpunkten auf den bewegten Körper ausgeübten, Kräften, und aus *einer* diesem Körper einmal mitgetheilten Bewegung, die man auch als eine beständig auf denselben wirksame Kraft nach der jedesmaligen Richtung der Tangente an die beschriebene Curve, betrachten kann. Gesuchte Gröſsen sind: die in den anziehenden Mittelpunkten vorhandenen Kräfte, der Exponent der Potenz des Abstandes, nach welchem ihre Wirkung abnimmt, und die Gröſse der beständig wirksamen Fliehkraft nach der Tangente. Gegeben sind hingegen zur Bestimmung dieser Gröſsen: die räumlichen Coordinaten der anziehenden Mittelpunkte, und, für eine durch den Raum gelegte continuirliche Reihe von Punkten (für die Bahn des Himmelskörpers), die Richtung der Resultante aus sämmtlichen gesuchten Kräften und die Intensität dieser Resultante, welche durch die, an jedem Punkte der Bahn stattfindende Geschwindigkeit, mit einer willkührlichen Einheit vergleichbar wird.

In Bezug auf den Magnetismus der Erde ist die Aufgabe einfacher, in sofern man dort direct die Resultante der von den anziehenden Mittelpunkten ausgeübten Kräfte nicht gemischt mit einer andern constanten, aber unbekannten Kraft (bei den Himmelskörpern die Fliehkraft nach der Tangente) zu erhalten im Stande ist. Eine in der Astronomie nicht vorhandene Schwierigkeit liegt hingegen darin, daſs die Coordinaten der anziehenden Punkte unbekannt sind. Wäre die Sonne ein dunkler Körper, dessen Ort sich durch directe Beobachtungen nicht erkennen lieſse, so würde in der Astronomie derselbe Fall eintreten; man würde aber auch dann ihre Lage im Raume aus der gegebenen Bahn eines Himmelskörpers sehr leicht erschlossen haben. Schwieriger schon, ja vielleicht unlösbar, wäre das Problem geworden, wenn auch gewisse stark bewegliche störende Planeten dunkle Körper wä-

Digitized by Google

ren. Die *täglichen Veränderungen* der magnetischen Erscheinungen scheinen auf die Existenz ähnlicher schwächerer störender Anziehungspunkte zu deuten. Da ihr Ort uns ebenfalls unbekannt ist, so wird man für sie um so mehr denselben Weg befolgen müssen, wie in der Astronomie, indem man sie bei der anfänglichen Betrachtung ganz vernachlässigt.

Da uns nun die Bahn eines Himmelskörpers die Resultante aus den gesuchten Grundkräften an einer Reihe von Punkten kennen lehrt, die an einander gebunden sind, durch eine gewisse *wiederum von den gesuchten Grundkräften selbst* bedingte Nothwendigkeit, d. h. an alle *den* Punkten, für welche die mehrerwähnten Resultanten sich nach dem Gesetze der Continuität an einander schlieſsen, und da man fühlt, daſs die groſse Eleganz des hier befolgten Ganges gerade darin besteht, *durchaus Nichts* dem Probleme Fremdartiges in die Lösung desselben einzumischen, so kann man fragen, ob sich in Bezug auf den Magnetismus etwas Aehnliches leisten lasse. — Wirklich sind für einen Magneten die von Lambert vorzugsweise sogenannten *magnetischen Curven* sehr nahe in dem Fall einer Planetenbahn. Es entsteht nämlich eine solche *magnetische Curve* durch Verbindung *aller* derjenigen Richtungen der vom Magnete ausgeübten Gesammtwirkungen, die sich *continuirlich* an einander reihen lassen, oder auch: eine *magnetische Curve* ist diejenige, welche ein, *nur mit einer Polarität begabter* *), mag-

*) Bekanntlich bewirkt das stete Vorhandenseyn gleich starker entgegengesetzter Polaritäten in einem jeden abgesondert gedachten magnetischen Elemente, daſs in der Natur nie *progressive Bewegung* eines solchen Elementes erfolgen kann, wie man auch immer Intensität und Richtung der auf dasselbe ausgeübten magnetischen Gesammtwirkung sich vorstellen mag, nur eine Drehung um seinen Mittelpunkt und ein in Ruhekommen in der Richtung der Resultante kann erfolgen. — Auſserdem bewirkt in allen *wirklichen* Fällen der sogenannte *Einfluſs durch*

Digitized by Google

magnetischer Punkt, auf welchen keine anderen Kräfte als die des Magneten wirkten, im Raume beschreiben würde. — Man sieht also, daſs die Gestalt dieser interessanten Linien sogar noch viel directer, als die der Planetenbahnen, auf die Grundkräfte schlieſsen läſst; denn jene ist von den anziehenden Kräften *allein* abhängig, nicht aber noch auſserdem von Richtung und Stärke eines ursprünglichen Stoffes, wie es in der Astronomie der Fall ist. Für künstliche Magnete kann man bekanntlich die Lambert'schen magnetischen Curven der Beobachtung unterwerfen, wenn man Eisenfeilspäne, die über eine horizontale Ebene gleichmäſsig verbreitet, der *richtenden* Wirkung der Schwere also entzogen sind, durch kleine möglichst verschiedenartige Erschütterungen, die von der Schwere bewirkte Reibung überwinden, und *der* noch einzig wirksamen richtenden Kraft des Magneten folgen hilft. — Leider sind wir aber für den *Erdkörper* wahrscheinlich für immer verhindert, die Gestalt dieser wichtigen Curven auf empirischem Wege kennen zu lernen; um sie zu erhalten, müſste man, von einem beliebigen Beobachtungsorte anfangend, sich dahin fortbewegen, wohin die an demselben stattfindende Richtung der magnetischen Kraft hinweist; dann, nach Zurücklegung eines bekannten Weges auf dieser geraden Linie, wiederum die Richtung der Kraft beobachten, und so, durch wiederholtes Fortschreiten in der von der Magnetnadel angedeuteten Richtung und wiederholtes Beobachten, ein Curvenstück von der erforderlichen Länge durch seine Tangenten construiren. Man würde auſserdem noch an jedem Punkte dieser, durch die Natur des Problems selbst angedeuteten Bahn, die Gröſse der magnetischen Kraft mes-

Vertheilung, noch Abänderungen der Betrachtungen, die indessen fortfallen, wenn man das bewegte Element als unendlich klein, also die Veränderung seiner magnetischen Thätigkeit durch Vertheilung, wie sie auch beschaffen seyn möge, doch gewiſs als gleich groſs für beide Polaritäten sich vorstellt.

Digitized by Google

sen können, um so, eine in allen Beziehungen stattfindende Aehnlichkeit mit den in der Astronomie vorkommenden Betrachtungen herbeizuführen. — Die, nur auf der vorgeschriebenen Bahn einer sphäroïdischen Oberfläche, uns mögliche Bewegbarkeit macht ein solches Vorhaben unausführbar. — Es bleibt vielmehr die Bestimmung von Richtung und Intensität der magnetischen Resultanten an Orten, die an der Erdoberfläche gelegen, freilich nicht durch die Natur des Problemes selbst angewiesen sind, das *Einzige*, was empirisch geleistet werden kann, und über die relativ gröſste Zweckmäſsigkeit der Auswahl der Beobachtungsorte kann also kein Zweifel obwalten. — Wohl aber muſs untersucht werden, in wiefern die Anordnung und Benutzung der Beobachtungen, die man an die Stelle des elegantesten aber unausführbaren Verfahrens gesetzt hat, sich diesem letzteren nähern, oder in wiefern dieselben überhaupt zweckmäſsig sind.

Am günstigsten sind wir für die Intensität gestellt. Wir messen dieselbe ohne Einmischung irgend eines fremdartigen, nicht zur unmittelbaren Natur des Problemes gehörigen Umstandes, und gerade daher kommt auch die klare und faſsliche Deutung, die man den *isodynamischen Linien* geben kann; es ist nämlich eine solche Linie der Durchschnitt zwischen derjenigen krummen Oberfläche, auf welcher eine bestimmte Intensität der Gesammtwirkung des Erdmagnetismus stattfindet, und der sphäroïdischen Erdoberfläche. Es kann nicht bezweifelt werden, daſs es wichtig wäre die Gleichungen dieser isodynamischen Linien zu finden. Aus den analytischen Ausdrükken für ihre Durchschnitte mit einer Oberfläche von bekannter Form, müſsten sich dann die Gleichungen der *isodynamischen Oberflächen selbst* ergeben, und daſs die Kenntniſs dieser letzteren für *die* der Grundkräfte nicht anders als sehr erfolgreich seyn könne, leuchtet ein. Auch wenn man auf directem Wege irgend eine Hypothese über die Grundkräfte durch Beobachtungen prüfen oder

Digitized by Google

aus letzteren die Constanten der Hypothese bestimmen wollte, so folgt aus demselben Grunde, daſs die Angaben der Intensitäten, so wie sie die unmittelbaren Beobachtungen liefern, bereits die möglichst vortheilhafte Gestalt haben. Es läſst sich sogar zeigen, daſs die beste Anwendung der Intensitätsbestimmungen *nothwendig* ihren Anfang von Aufsuchung der Gleichungen der isodynamischen Linien, und nicht vom directen versuchsweisen Anpassen einer willkührlichen Hypothese an die empirischen Zahlenwerthe nehmen müsse. Es beruht nämlich die Zweckmäſsigkeit oder elegante Anwendbarkeit des durch Beobachtung Geleisteten, hier, wie in allen Fälle, offenbar darauf, daſs man, so viel als möglich, alle Umstände des empirischen Verfahrens von einer, durch die Natur des Problems selbst bedingten Nothwendigkeit anordnen lieſs. Man war im Stande, die gemessenen Intensitäten nur unter sich, nicht mit etwas Fremdartigen zu vergleichen, und es war *nur* die Vertheilung der Beobachtungsorte, die durch eine äuſsere Nothwendigkeit uns aufgedrungen, nicht aber vom Probleme selbst, als die natürlichste oder vortheilhafteste, angewiesen wurde. Aber gerade dieses noch einzig zurückgebliebene Zufällige in der Wahl der Beobachtungspunkte eliminiren wir *nach Möglichkeit* durch systemweises Verbinden derselben zu isodynamischen Linien, und der dadurch gewährte bedeutende Vortheil darf für die nachherige analytische Behandlung nicht verloren gehen.

Erwägt man, nach denselben Grundsätzen über Zweckmäſsigkeit der Anordnung, die empirischen Resultate über Richtung der Resultanten im Raume, so leuchtet ein, daſs dieselben in ihrer jetzt üblichen Gestalt unvergleichlich unvollkommner sind, als die Intensitäten. Zuerst sind diese letzteren ausdrückbar als Quotienten von ausschlieſslich auf die Aufgabe selbst sich beziehenden Gröſsen unter sich, so daſs hiebei alles Willkührliche wegfällt. Die Richtungen hingegen sind nur ausdrückbar durch Coordi-

Digitized by Google

naten, d. h. durch Differenzen zwischen Gröſsen, die nur willkührlich wählbar sind, mit denen im Probleme selbst begründeten. Ist daher nicht, durch eine besondere Betrachtung, eine Andeutung zu gewinnen über die vortheilhafteste Wahl des an sich willkührlichen Anfangspunktes der Coordinaten, so bleibt die gröſsere oder geringere Eleganz, oder, was einerlei ist, Zweckmäſsigkeit der Auflösung gänzlich dem Zufalle überlassen. — Dieses ist der Fall mit den Coordinaten magnetischer Kräfte an der Erdoberfläche, denn bis jetzt ist es noch keiner besonderen Betrachtung gelungen, uns eine Andeutung über zweckmäſsige Wahl des Anfangspunktes der Coordinaten zu geben, und da es nicht wahrscheinlich ist, daſs eine solche Betrachtung möglich, aber noch unentdeckt geblieben sey, dennoch aber fortgeschritten werden muſs, so bleibt Willkühr in der Wahl dieses Punktes, so beeinträchtigend sie der Eleganz der Analyse auch werden mag, hier vollkommen zu entschuldigen.

Nicht aber gilt dasselbe, wenn man, abgesehen von der Wahl des Anfangspunkte, auch in die übrige Anordnung der Coordinaten eine, weder durch die Natur der Aufgabe selbst angewiesene, noch auch anderweitig unvermeidlich gemachte, Complication eingeführt hat. Neigung sowohl als Abweichung der zwei Winkelcoordinaten, durch welche man die Richtung der Resultanten im Raume fixirt, miſst man an jedem der unendlich vielen Beobachtungsorte, beide jedesmal *von neuen Ebnen an zählend.*

Es scheint a priori klar, daſs diese Anordnung der Zweckmäſsigkeit der Beziehung zwischen den Beobachtungsresultaten und den Gesuchten der Aufgabe nicht förderlich seyn könne. Ein Umstand aber, der mir auch erfahrungsweise diese Behauptung zu bestätigen scheint, wurde oben bemerkt. Während nämlich an jedem einzelnen Orte die Angabe der Neigung und Abweichung nicht mehr als das Nothwendige enthalten, um die Lage der Kraft im Raume zu fixiren, zeigt es sich dennoch, daſs, wenn ein gewisses System von Neigungsbeobach-

Digitized by Google

tungen vorhanden ist, die *Abweichungen* aus demselben sich ohne Weiteres scheinen erschlieſsen zu lassen, so daſs also die direct beobachteten Werthe der Abweichung *entbehrlich*, oder doch nur zur Vermeidung des Einflusses *zufälliger* Fehler brauchbar gemacht werden. Dieses würde beweisen, daſs man, bei der üblichen Anordnung, aus den unmittelbaren Beobachtungsresultaten nicht den gröſsten Vortheil zieht.

Wollte man zu Gunsten der üblichen Bezeichnungsart anführen, daſs sie eine Vergleichung der Richtung der Schwere an einem jeden Orte mit der Richtung des Magnetismus zu Stande bringe, so heiſst dieſs nur, daſs sie den Ausdruck complicire auf eine *zwar willkührliche*, aber genugsam bekannte Art, um daſs man ihren Einfluſs durch Verwandlung der Coordinaten wieder eliminiren könne. Die ursprüngliche Einführung dieser Vergleichungsart aber, kann zwar eine an sich interessante besondere Betrachtung, nicht aber einen directen Fortschritt der Theorie veranlassen.

Wirklich ist die Zurückführung auf ein einfacheres Coordinatensystem sehr leicht, wenn man sich, wie schon oben gesagt, begnügen will, den Anfangspunkt desselben willkührlich anzunehmen. Nimmt man z. B. die Ebene des Aequators als die, worin die *eine* der Winkelcoordinaten d′, und die rechtwinklich darauf stehende Ebene des ersten geographischen Meridians als die, worin die zweite i' liegen soll, und läſst stets die Durchschnittslinie der zwei erwähnten Ebenen einen Schenkel zu jeder der anzugebenden Winkelcoordinaten seyn, so hat man:

$i' = \varphi + 90^\circ - i$, wenn φ Polhöhe } der Beobachtungsorte
$d' = l + d$ l Länge }
i und } Neigung und
d } Abweichung nach der gewöhnlichen Bezeichnung bedeuten.

Zuerst ist klar, daſs auch, wenn der angedeutete Zusammenhang zwischen den isoklinischen Linien und der Abweichung sich als streng wahr bestätigen sollte, dennoch

Digitized by Google

für die neuen Coordinaten das Ueberflüssigwerden der einen durch die anderen nicht stattfinden könne. Es scheint demnach, als müſsten in dieser Gestalt die unmittelbaren Resultate der Beobachtung zur analytischen Anwendung geschickter seyn.

Wollte man auch für diese neuen Coordinaten wiederum die Orte der Erdoberfläche, an denen eine derselben gleiche Werthe erlangt, durch continuirliche Linien verbinden, so entstehen Curven anderer Art, als die jetzigen isogonischen und isoklinischen. — So wichtig nun einerseits die unmittelbare Untersuchung der *isodynamischen* Linien sich gezeigt hat, so scheint es mir von der anderen Seite, als seyen die *isogonischen* und *isoklinischen Linien*, man wolle sie nun auf die üblichen ungleich verwickelteren, oder auf die einfacheren Coordinaten gründen, nicht geeignet zur directen Lösung der eigentlichen Frage über die magnetischen Grundkräfte beizutragen. Sie können nur *besondere* Betrachtungen erleichtern: und gelegentliche Prüfungen für eine schon gewonnene *Bestimmung der Grundkräfte* werden. Behuſs der Auffindung der Constanten der Aufgabe scheint es mir, als müsse man sich um so mehr an die direct erhaltenen *Richtungsbeobachtungen* halten, — *ohne zuvor sie systemweise zu verbinden*, wie es für die Intensitäten vortheilhaft war, — als die Betrachtung der *isodynamischen* Curven zur Begründung einer richtigen Hypothese, in welcher dann etwa nur noch gewisse Constanten mit Hülfe der Richtungsbeobachtungen zu bestimmen bleiben, führen muſs.

In Bezug auf die Richtung der magnetischen Kräfte könnte es etwa noch erheblich seyn, aus vielen Beobachtungen zu untersuchen, ob nicht vielleicht von den unendlich vielen, auf den Erdkörper sich beziehenden, *magnetischen Curven* (siehe oben) zufällig *eine* ein längeres Stück an der Erdoberfläche zu liegen habe; indessen wird es a priori höchst unwahrscheinlich, daſs dieses der Fall sei, vielmehr sieht man voraus, daſs diese Curven die Erdoberfläche nur in einzelnen Punkten *schneiden*.

Digitized by Google

VIII. *Ueber die gegenwärtige Lage des magnetischen Aequators. Aus einem Schreiben des Hrn. L. J. Duperrey an Hrn. Alex. von Humboldt.*

Paris, am 27. Jan. 1831.

— Ich habe die Ehre, Ihnen die Tafel der Inclinations-Beobachtungen zu übersenden, deren ich mich auf der beifolgenden Karte *) zur Zeichnung der Configuration des magnetischen Aequators bedient habe. Diese Inclinationen umfassen alle, welche ich im Laufe meiner Reise unter 30° Br. angestellt habe, und die Formel, deren ich mich zur Bestimmung der magnetischen Breite des jedesmaligen Beobachtungsortes bedient, ist $tang\ L' = \frac{1}{2} tang\ L$. Durch Combination dieser magnetischen Breite mit der Declination der Magnetnadel und der geographischen Lage der Beobachtungsorte, habe ich die Coordinaten der entsprechenden Punkte des magnetischen Aequators festgetzt, wie sie in den beiden letzten Columnen der Tafel enthalten sind.

In den Zusätzen zur *Connaissance des temps* für das Jahr 1830 befindet sich von mir eine Notiz, die hinreichend angiebt, welche Instrumente und Methoden ich, sowohl zu Lande, wie zur See, angewandt habe, um die Inclination der Magnetnadel genau zu erhalten. Allein die Tafeln, welche diese Notiz begleiten, begreifen nur die Beobachtungen, die mit dem in die Ebene des magnetischen Meridians gestellten Instrumente erhalten worden sind. Seitdem habe ich diesen Resultaten noch diejenigen an mehreren Orten beobachteten hinzugefügt, bei

*) Eine verkleinerte Skizze dieser Karte findet man auf der Kupfertafel No. II.; die zum Grunde liegenden Beobachtungen sind in zwei Quarttafeln diesem Hefte beigegeben. *P.*

Digitized by Google

welchen die Magnetnadel in zwei gegen einander rechtwinkliche Ebenen gestellt wurde. Die Inclinationen, welche in beifolgender Tafel aufgeführt worden, sind die Mittel der nach beiden Methoden beobachteten.

Das Stück des magnetischen Aequators, welches ich selbst bestimmt habe, ist auf der Karte voll ausgezogen. Es ist durch eine im J. 1822 auf der Insel St. Thomas vom Capitain Sabine gemachte Beobachtung verlängert. Das zwischen den Meridianen von Java und Ceylon begriffene Stück, welches auf der Karte mit punktirter Linie gegeben ist, beruht auf den Beobachtungen des Hrn. Jules de Blosseville im J. 1827, eines Officiers, der mich einige Jahre zuvor auf der Corvette La Coquille begleitet hatte. Ich habe diese und die vom Capitain Sabine im atlantischen Ocean gemachten Beobachtungen berechnet, und die Resultate für die Orte, wo ich selbst beobachtete, vollkommen mit den meinigen übereinstimmend gefunden *).

Die Exemplare meiner Karte, welche Sie zu ihrer Verfügung haben, enthalten nicht die Punkte, welche Sie auf Ihrer Reise in den Aequinoxial-Regionen bestimmt haben; allein sie sind auf die Exemplare eingetragen, welche den physikalischen Theil meiner Reisebeschreibung begleiten.

Ich habe gesucht, meine Karte in rein geographischer Beziehung so vollständig wie möglich zu machen, indem ich, namentlich im grofsen Aequinoxial-Ocean alle bisher gemachten Entdeckungen angab. Besonders hielt ich es für vortheilhaft, in der Nähe des magnetischen Aequators alle Inseln kennen zu lehren, zum Nutzen Derjenigen, die, mehr begünstigt als ich, vielleicht eines Tages damit beauftragt werden, die veränderliche oder unveränderliche Grenze der beiden magnetischen Fluida,

*) *A*, *B*, *C*, *D* auf der Karte, Taf. II., sind Punkte des magnetischen Aequators, die durch Capitain Sabine's Beobachtungen bestimmt wurden. *P.*

Digitized by Google

welche den Erdkörper fast in zwei gleiche Theile theilen definitiv festzusetzen.

Ich habe auf den niedrigen Inseln des groſsen Oceans die das Süſs-Wasser betreffenden Verhältnisse sorgfältig untersucht, und glaube die Gewiſsheit erlangt zu haben, daſs auf diesen sonderbaren Inseln nur Brunnen, Pfützen und kleine Reservoire vorhanden sind, die in den Höhlungen der Felsen vom Regen unterhalten werden. Süſswasserquellen giebt es in den bisher besuchten niedrigen Coralleninseln nicht.

IX. *Ueber die magnetische Intensität in Italien; von Hrn. Quetelet.*

(Mitgetheilt vom Verfasser.)

Man besitzt noch wenig Beobachtungen über die magnetische Intensität in Italien. Die, welche ich hier vorlege, sind fast zu derselben Zeit und an denselben Orten mit denen angestellt, die Hr. Schouw gemacht und ohne Zweifel bald publiciren wird. Meine Beobachtungen wurden mit vier cylindrischen Magnetnadeln von etwa 66 Millimeter Länge und mit einem dem Hansteen'schen ähnlichen Apparate angestellt. Ich bediente mich auch bei meinen Beobachtungen eines englischen Chronometers von Molineux. Ich habe sorgfältig die Temperatur in Rechnung gezogen, und die Zahlen, welche ich hier gebe, sind bereits, in Bezug auf dieses Element, nach den Formeln des Hrn. Hansteen berichtigt. Die erste Columne nennt die Beobachtungsorte; die vier folgenden enthalten die Mittelwerthe der Dauer von 100 Schwingungen eines jeden Cylinders, und die sechste Columne giebt die horizontale Intensität, wie sie aus den verschiedenen Beobachtungen hervorgeht, die von Paris dabei zur Einheit genommen. Ich muſs hinzusetzen, daſs sämmtliche Beobachtungen im Sommer und Herbst 1830 gemacht worden sind.

Digitized by Google

	1.	2.	3.	4.	
Brüssel b. Observat.	367″,73	362″,80	355″,64	391″,08	0,9697
Paris, Cabinet des Hrn. Arago . . .	362′,33	357 ,51	350 ,25	384 ,50	1,0000
Lyon, im oberen Stadtviertel . . .	348 ,72	344 ,50	—	—	1,0783
Genf, Observator., mit HH. Gautier De la Rive, Wartman u. De Necker Saussure	348 ,20	343 ,67	337 ,00	370 ,58	1,0805
Bonneville (Alpen)	349 ,40	344 ,40	—	—	1,0765
Sallenche	—	343 ,79	—	—	1,0815
St. Gervais, mit HH. Gautier u. De Nekker	347 ,53	342 ,98	336 ,29	—	1,0861
Vaudagnes	347 ,30	—	—	—	1,0884
Servoz	347 ,32	343 ,06	—	—	1,0872
Gletscher (Montanvert)	347 ,00	342 ,97	—	—	1,0885
Chamouni	346 ,50	—	—	—	1,0935
Col de Balme (bei der Station) . . .	346 ,78	—	—	—	1,0917
Martigny	346 ,68	342 ,15	—	—	1,0921
Hospiz St. Bernhard (beim Teich) . .	345 ,62	341 ,81	—	—	1,0966
Brieg	346 ,25	341 ,43	—	—	1,0957
Simplon (b. Dorfe)	345 ,50	341 ,25	—	—	1,0987
Domo d'Ossola .	345 ,32	340 ,74	333 ,81	367 ,31	1,0997
Sesto Calende . .	342 ,02	338 ,26	—	—	1,1164
Mailand, Observator., mit HH. Carlini u. Frisiani .	340 ,39	335 ,66	328 ,76	362 ,45	1,1335
Turin, Palast Valentin, mit HH. Plana, Morris .	343 ,96	338 ,93	332 ,05	365 ,97	1,1112
Villa nova	340 ,31	335 ,55	—	—	1,1344
Alessandria	340 ,31	335 ,10	—	—	1,1360
Rom	337 ,58	333 ,54	—	—	1,1504
Genua, Palast, der Marchese Durasso	336 ,22	332 ,16	325 ,12	358 ,01	1,1585

Digitized by Google

	1.	2.	3.	4.	
Rota, zwisch. Ricco und Ripallo . . .	336",50	332",30	—	—	1,1581
Sestri di levante .	—	332 ,68	—	—	1,1549
Borghetto	335 ,75	331 ,65	—	—	1,1633
Montechiesa . . .	333 ,96	—	—	—	1,1771
Pisa	332 ,89	328 ,76	—	—	1,1836
Empoli	332 ,75	328 ,73	—	—	1,1843
Florenz, Garten dei Semplici u. Boboli, mit Hrn. Antinori	332 ,62	328 ,95	322 ,15	353 ,66	1,1830
Siena	—	—	318 ,59	349 ,51	1,2094
Radicofani	326 ,44	—	315 ,08	—	1,2334
Rom, Straſse Santa Croce, Villa medici u. nahe beim Colyseum, mit HH. Riccioli und Carpi	324 ,38	320 ,18	313 ,34	344 ,65	1,2471
Torre di tre ponti (Pontin. Sümpfe)	322 ,50	317 ,79	—	—	1,2640
Mola di gaëta . . .	321 ,21	317 ,33	—	—	1,2709
Neapel, Observatorium, mit HH. Brioschi, Del Re, Nobili	318 ,75	314 ,96	308 ,85	339 ,60	1,2869
Vesuv, am Rande des Kraters . . .	353 ,35	348 ,84	—	—	1,0509
Vesuv, 2te Station am Gipfel	—	—	—	—	1,1006
Bologna, botanisch. Garten, mit Hrn. Bertholini d. J. .	330 ,97	340 ,78	320 ,00	351 ,42	1,1973
Venedig	337 ,06	326 ,96	325 ,55	—	1,1566
Seefeld, Tyrol . .	346 ,00	—	—	—	1,0944
München, Observatorium	348 ,97	344 ,35	336 ,78	370 ,02	1,0793
Frankfurt, Garten d. Hrn. Sömmering	359 ,79	—	347 ,93	—	1,0138

Diese Resultate bestätigen ziemlich gut die Richtung, welche Hr Hansteen für seine isodynamischen Linien angiebt. Ich hatte geglaubt, daſs diese Regelmäſsigkeit

Digitized by Google

in der Nachbarschaft der Alpen gestört werden würde, und dieſs war auch die Idee des Hrn. Necker-Saussure, welcher, um diese Vermuthung zu prüfen, mich bis mitten in die Gebirge zu begleiten die Güte hatte. Indeſs sind doch einige Anomalien vorhanden, und, wie mir scheint, bietet Turin die stärkste dar. Für die Genauigkeit der Beobachtung, bei der mir Hr. Plana Hülfe leistete, kann ich einstehen. Vielleicht werden dieselben, wie dieser Gelehrte gegen mich bemerkte, von denselben Ursachen bedingt, welche die von ihm und Hrn. Carlini beobachteten sonderbaren Anomalien in der Richtung des Senkbleifadens hervorbringen. Die Zahlen für Florenz und Bologna scheinen auch auf eine Anomalie zu deuten. Vom Vesuv spreche ich nicht; hier scheinen die Störungen in der Intensität von dem in den Schlakken enthaltenen Eisen herzurühren. Vielleicht wäre es interessant nachzusehen, ob dieser Berg einen besonderen Wirkungsmittelpunkt habe.

Was die Inclination betrifft, so habe ich sie nur für einige Orte erfahren können. Zu *Brüssel* habe ich selbst dieselbe mit einem Instrumente von Troughton bestimmt, und $=68^{\circ}\ 52',6$ gefunden. Für Genf und den groſsen St. Bernhard ist dieselbe neuerlich durch die HH. De la Rive und Gautier bestimmt, und darnach beträgt sie am ersten Orte $=65^{\circ}\ 31',2$, am letzteren $=65^{\circ}\ 9',8$. In Mailand habe ich sie, mit den HH. Carlini und Frisiani, durch directe Beobachtung $=64^{\circ}\ 16',2$, und durch Beobachtung in zwei auf einander rechtwinklichen Ebenen $=64^{\circ}\ 15',6$ gefunden. In Rom soll sie, wie mir die HH. Morichi und Barlocci gesagt haben, 62° betragen.

Seitdem habe ich zur Bestimmung der Inclination ein kleines sehr tragbares und nicht kostspieliges Instrument erdacht. Ich lasse darin eine Magnetnadel erstlich vertical, und dann horizontal oscilliren, wodurch ich die Resultante aller magnetischen Kräfte und eine horizontale Componente erhalte. Daraus bestimme ich dann den Nei-

Digitized by Google

gungswinkel. Die Resultate, welche ich auf diese Weise erhalten habe, sind sehr befriedigend.

X. *Ueber eine Veränderung des Arragonits in Kalkspath.*

Berzelius hat eine sehr einfache Methode angegeben, um Kalkspath von Arragonit zu unterscheiden. Der Arragonit, wenn er ungefähr bis zur Rothglühhitze erhitzt wird, schwillt an, blättert sich auf und bildet zuletzt eine pulverförmige, wenig zusammenhängende Masse. Legt man ein Stückchen Kalkspath und ein Stückchen Arragonit in dasselbe Glasrohr, und erhitzt beide, so daſs sie dieselbe Temperatur erhalten, so bemerkt man durchaus keine Veränderung am Kalkspath, während der Aragonit schon ganz zerfallen ist. In dem gewöhnlichen Apparat, dessen man sich, um die kleinste Quantität von entwickelten Gasarten zu bestimmen, bedient, wurden 10 Gr. Arragonit erhitzt, es entwickelte sich beim Zerfallen desselben keine Spur von Gas. Die Veränderung, welche der Arragonit beim Erwärmen erleidet, wird also durch keine chemische Zersetzung hervorgebracht. Diese Erscheinung ist folglich von derselben Art, wie die Umänderung der Krystalle des geschmolzenen Schwefels bei der gewöhnlichen Temperatur; die einzelnen Theile des kohlensauren Kalks ordnen sich auf eine andere Weise an, wie sie im Arragonit an einander liegen, und zwar ohne Zweifel so, wie im Kalkspath. Es würde jedoch von Interesse seyn, dieses durch directe Versuche zu beweisen. Die Bedingungen, unter welchen der kohlensaure Kalk bald als Kalkspath, bald als Arragonit krystallisirt, sind noch nicht hinreichend entwickelt; Kalkspath bildet sich sowohl, wenn der kohlensaure Kalk aus einer wässerigen Flüssigkeit, wie dieses z. B. beim Tropfstein der Fall

ist, krystallisirt, als wenn er geschmolzen war, welches man an den Stücken Kalkstein deutlich bemerkt, welche in die Lava des Vesuvs gefallen und darin geschmolzen sind. Eben so setzt sich der kohlensaure Kalk als Arragonit aus dem Karlsbader Wasser ab (als Sprudelstein), und findet sich gleichfalls als Arragonit in Gebirgsformationen, welche unbezweifelt im geschmolzenen Zustande gewesen sind. Vom Karlsbader Sprudelstein besitze ich so gut ausgebildete Krystalle, daſs man daran die Form des Arragonits erkennen kann. Uebrigens ist es nicht unmöglich, daſs der kleine Gehalt an kohlensaurer Strontianerde die Veranlassung gewesen ist, daſs der kohlensaure Kalk in dieser seiner zweiten Form krystallisirt hat, da ganz ähnliche Fälle beim schwefelsauren Zinkoxyd, Eisenoxydul und Kupferoxyd eintreten. Nur ein einziges Beispiel ist mir von einer Veränderung eines Arragonitkrystalls in Kalkspath bekannt; häufig sind nämlich, und dieses wiederholt sich noch jetzt, von den Gesteinen, welche die Wände des Vesuvs bilden, in die flüssige Lava gefallen, wodurch die Mineralien, woraus diese Gesteine bestehen, mehr oder weniger verändert worden sind. Dieses ist unter vielen anderen Beispielen, welche ich von dieser Art besitze, auch mit einem Arragonitkrystall der Fall gewesen. Das Gestein, worin er sitzt, ist nicht so stark erhitzt worden, daſs es geschmolzen ist; der Arragonit ist aber so stark erwärmt worden, daſs die äuſsere Schicht desselben in Kalkspath umgeändert wurde, während die innere Masse noch Aragonit blieb, so daſs der ganze Arragonitkrystall seine Form beibehalten hat, ganz so wie ich dieses schon bei einer anderen Gelegenheit von dimorphen Körpern angeführt habe *). Die Hitze hat nämlich so langsam darauf gewirkt, daſs, was sich in Kalkspath veränderte, die Form desselben annehmen konnte, so daſs die Kruste des Arragonitkrystalls aus einer groſsen Anzahl von Kalk-

*) Diese Annalen, Bd. LXXXVIII. S. 146.

spathkrystallen besteht, an denen sich deutlich die Rhomboëderflächen erkennen lassen, und die vor dem Löthrohr sich wie Kalkspath verhalten.

h.

XI. *Darstellung des metallischen Titans; von Justus Liebig.*

Heinrich Rose hat beobachtet, daſs das von ihm dargestellte Chlortitanammoniak *) bei dem Erhitzen sich sublimirt, und daſs ein Theil davon bei einer höheren Temperatur sich dabei in metallisches Titan zersetzt, welches den Platz bekleidet, den das Salz eingenommen hatte. Diese Beobachtung ist die Veranlassung zu folgender Methode gewesen, wonach man sich jede beliebige Menge metallischen Titans auf eine wenig kostspielige Weise verschaffen kann.

Man bringt in eine 2 bis 3 Fuſs lange und ½ Zoll weite Glasröhre frisch bereitetes Chlortitan-Ammoniak, und zwar so, daſs nur die Hälfte der Röhre und zwar ganz locker damit angefüllt wird; diese Röhre liegt horizontal in einem Ofen und steht mit einem Apparate in Verbindung, aus welchem sich Ammoniakgas entwickelt, das man durch eine Röhre mit geschmolzenem Aetzkali leitet, um es vollkommen auszutrocknen.

Man umgiebt nun den etwa fuſslangen leeren Theil der weiten Glasröhre mit glühenden Kohlen, während beständig, und zwar schon vorher, ehe man mit dem Erhitzen beginnt, ein schwacher Strom von Ammoniakgas hindurchgeleitet wird.

Man schreitet alsdann mit dem Erhitzen der Röhre langsam bis zu den Theilen fort, wo das Salz liegt, und

*) Diese Annalen, Bd. XVI. S. 58.

Digitized by Google

erhitzt dieses nach und nach bis zum Weichwerden der Röhre.

Das Chlortitan-Ammoniak wird auf das vollständigste reducirt, und läſst sich, wenn die Röhre erkaltet ist, in Gestalt eines dunkelviolettblauen Pulvers, oder von zusammenhängenden kupferglänzenden Blättern herausschütten. Man darf es aber nicht heiſs an die Luft bringen, weil es sich sonst leicht entzündet und zu Titansäure verbrennt.

Das kältere Ende der Glasröhre verstopft sich leicht durch Salmiak, der sich darin anlegt; man thut deshalb gut, wenn man eine engere Röhre in die weitere 6 bis 8 Zoll weit hineinsteckt, und den daran hangenden Salmiak von Zeit zu Zeit abwischt.

Es ist ganz wahrscheinlich, daſs sich Wolfram, Molybdän etc. auf dieselbe Weise reduciren lassen.

XII. *Ueber Stickstoffoxyd-Salze;* *von N. W. Fischer.*

Alle Alkalien und alkalische Erden bilden mit dem Stickoxyd Salze, welche neutral, krystallinisch, in Wasser leicht auflöslich und in Weingeist unauflöslich sind; sie schmelzen bei einer angemessenen Hitze zu einer gelblichen Flüssigkeit, welche beim Erkalten krystallinisch erstarrt; die concentrirte wäſsrige Auflösung derselben zeigt ebenfalls eine schwache gelbe Farbe. Sie wirken beinahe auf alle Metallsalze ein, und gehören daher zu den allgemeinen Reagentien für Metallsalze, wie Schwefelwasserstoff, Blaustoffeisenkalium etc.

Bei den Auflösungen der meisten Metallsalze, wie bei der des Palladium, Silber, Blei, Kupfer etc., bestehet die Wirkung in der Verbindung dieser Metalloxyde

mit

Digitized by Google

mit dem Stickoxyd, welche entweder als schwerauflöslich niederfallen, wie beim Silbersalz, oder aufgelöst bleiben wie bei den meisten übrigen, und sich daher nur durch eine auffallende Farbenveränderung der Flüssigkeit kund geben. Bei einigen wird die Reduction der aufgelösten Metalloxyde bewirkt, wie bei der Auflösung des Goldoxyds und des salpetersauren Quecksilberoxyduls; bei noch anderen endlich wird das Metalloxyd gefällt und das Stickoxyd in Luftgestalt entwickelt, wie bei Eisen- und Mangansalzen, was auf demselben Grund beruht, wie die Entwicklung der Kohlensäure und Niederfallen der Basen bei Einwirkung der kohlensauren Alkalien auf mehrere erdige und Metallsalze; indem diese Basen, so wie hier keine Verbindung mit der Kohlensäure, so dort keine mit dem Stickoxyd eingehen, die Alkalien aber eine gröſsere Anziehung zu der Säure des Metall- oder des erdigen Salzes, als zur Kohlensäure und zum Stickoxyd haben.

Die Stickoxydalkalien verbinden sich mit mehreren Stickoxydmetallen zu Doppelsalzen, wie namentlich mit Palladium, Nickel, Kobalt, Blei, Kupfer und Silber, mit dem letzteren Metallsalz bilden besonders alle alkalischen und alkalisch-erdigen Salze schön krystallisirte Doppelsalze; von dem Stickoxydkali habe ich sogar zwei Doppelsalze wahrgenommen. Auſser diesen neutralen und Doppelsalzen bilden viele Basen auch basische Salze.

Die Salze der Alkalien und alkalischen Erden werden zunächst durch das Glühen der salpetersauren Salze bei einem angemessenen Grad der Hitze, die der metallischen Basen durch das Vermischen der ersteren mit bestimmten Metallauflösungen dargestellt. So leicht wie diesemnach die Darstellung dieser Verbindungen an und für sich ist, so schwierig ist es, besonders die ersteren durch's Glühen der salpetersauren in reinem Zustand zu erhalten. Das geglühte Salz *ist niemals reines Stickoxydsalz*, sondern enthält entweder noch einen groſsen Theil unzersetztes salpetersaures, oder neben diesem noch die

Digitized by Google

freie oder mit Kohlensäure verbundene Basis, was eben von der Dauer des Glühens, von dem Grad der Hitze und von dem Umstand abhängt, ob das Glühen in offenen oder in verschloſsenen Gefäſsen vorgenommen worden ist. — Als Beispiel führe ich an, daſs salpetersaures Kali unter den günstigsten Umständen in verschloſsenen Gefäſsen bei starker Rothglühhitze so lange geglühet, als noch Luftentwicklung stattgefunden hatte, eine Salzmasse lieferte, in welcher der unzersetzte Salpeter zu dem gebildeten Stickoxydkali im Verhältniſs $=7:1$ stand. Was zugleich als Beweis dienen kann, daſs bis zu meiner Untersuchung noch Niemand ein Stickoxydsalz in reinem Zustand dargestellt hat. — Dessen ungeachtet kann der geglühte Salpeter gleichsam als prima materia zur Darstellung der meisten Stickoxydverbindungen im nicht gereinigten Zustande dienen, das Stickoxydsilber hingegen, welches am leichtesten vollkommen rein erhalten werden kann, ist am besten dazu geeignet, die alkalischen und alkalisch erdigen Salze in reinem Zustande zu liefern, indem es nur entweder durch die Auflösung dieser Basen oder der Chlormetalle derselben zersetzt zu werden braucht. Das einzige, was dann berücksichtigt werden muſs, ist, daſs diese Körper in einem solchen Verhältniſs und unter solchen Umständen auf einander einwirken, daſs dabei das einfache Stickoxydsalz und nicht das Doppelsalz mit Stickoxydsilber erhalten wird, welches sich so leicht bildet.

Ich glaube, daſs diese Untersuchung sowohl wegen dieser neuen und zahlreichen Gattung von Salzen, die sich unter andern durch eigenthümliche Krystallisationen auszeichnen *), als auch wegen der Berichtigungen und Aufklärungen, die sie über andere Gegenstände verbrei-

*) Hr. Prof. Mitscherlich, welcher die Krystallisation des im April v. J. in seinem Laboratorium dargestellten Stickoxydsilber-Kali's bestimmt hat, wird, wie ich hoffe, sich auch der Untersuchung der übrigen Salze in Hinsicht ihrer Krystallisation gütigst unterziehen.

Digitized by Google

ten wird, zu den wichtigeren gezählt zu werden verdient. Die öffentliche Bekanntmachung derselben will ich noch so lange verschieben, bis ich das Verhältniſs der Bestandtheile wenigstens der wichtigsten Verbindungen werde ausgemittelt haben, was freilich bei vielen mit eigenen Schwierigkeiten verbunden ist.

XIII. *Nachträgliche Bemerkungen über die Natur des Leidenfrost'schen Versuchs* *); *von N. W. Fischer.*

Zur ferneren Prüfung meiner Behauptung, daſs bei diesem Phänomen die Zersetzung der angewandten flüchtigen Flüssigkeit statt findet, habe ich unter mehreren anderen auch die concentrirte Schwefelsäure angewandt, und meine Annahme vollkommen bestätigt gefunden. Diese Säure nämlich entwickelt unter diesen Umständen dicke bläuliche Dämpfe, die ganz unschädlich zum Athmen sind, und namentlich nicht im Geringsten zum Husten reizen, was bekanntlich die Dämpfe der unzersetzten Schwefelsäure in so hohem Grade bewirken. Demnach muſs hier die Zersetzung der Schwefelsäure in Sauerstoff und in einem Schwefeloxyd erfolgen, welches eben diese unschädlichen Dämpfe bildet. Ob diese Verbindung eine neue Säure oder eine der bereits bekannten, etwa Unterschwefelsäure sey — schweflige kann es nicht seyn, weil die Dämpfe keinen besondern Geruch haben — wäre wohl interessant näher zu untersuchen, was ich jedoch aus Mangel einer tubulirten Platinretorte, vermittelst welcher allein diese Dämpfe aufgefangen werden könnten, nicht vornehmen kann. Bei dieser Gelegenheit fand ich auch, daſs dieses Phänomen eben so wie auf erhitzten Metallen auch auf erhitztem Glas und Porcellan hervorgebracht werden

*) S. d. Ann. Bd. XIX. S. 514.

Digitized by Google

kann, besonders leicht bei Anwendung von flüchtigeren Flüssigkeiten als Wasser. Endlich überzeugte ich mich auch von der Richtigkeit des von **Perkins** angegebenen Verhaltens des in glühenden und durchlöcherten Metallgefäſsen eingeschlossenen Wassers, indem es in ein erhitztes und durchlöchertes Löffelchen, sowohl von Platin als Kupfer, gebracht — deren Oeffnung 0,8‴ betrug — mit Kugelgestalt liegen blieb. Das Metall muſs freilich hier stärker, als wenn es nicht durchlöchert wäre, erhitzt werden, auch muſs der Wassertropfen hier nicht zu groſs seyn, weil sonst eine zu starke Abkühlung bewirkt würde. Ist hingegen der Tropfen zu klein, so fällt er, obgleich noch immer bedeutend gröſser als die Oeffnung, durch dieselbe, aber daſs er eben dann *durchfällt*, ohne an den Rändern der Oeffnung im Geringsten zu adhäriren, spricht eben so für die **Perkins**'sche Ansicht, wie das Liegenbleiben eines gröſseren Tropfen, welcher natürlich nach dem Grad der Hitze des Metalls immer gröſser seyn darf, daher auch die Wassermasse im Verhältniſs mit der Masse des glühenden Metalls stehen muſs.

XIV. *Von der Ueberchlorsäure (oxydirten Chlorsäure);*
von Hrn. Sérullas.

(*Ann. de chim. et de phys. T. XLV. p.* 270.)

In einer neulichen Abhandlung habe ich einige sehr merkwürdige und bis dahin unbekannte Eigenschaften der Chlorsäure kennen gelehrt, nämlich die, daſs es den Alkohol sehr schnell in Essigsäure umwandelt, und daſs es trockne organische Substanzen in Entzündung versetzt *).

Man könnte, wie auch ich gethan, vermuthen, daſs

*) Man sehe den vorhergehenden Band dieser Annalen, S. 593.

Digitized by Google

die von mir angewandte Säure diese bis dahin nicht bemerkten Eigenschaften durch die specielle Art der Bereitung erhalten hätte. Ich habe daher seitdem die nach beiden bekannten Methoden bereitete Chlorsäure vergleichend untersucht; allein es ist einerlei, ob man sie aus chlorsaurem Baryt durch Schwefelsäure oder auf sonstige Weise erhalten hat, ob man sie über freiem Feuer, oder in gelinder Wärme auf einem Ofen oder im Vacuo einer Luftpumpe eindampft. Sobald sie concentrirt wird, nimmt sie eine gelbe Farbe und den Geruch der Salpetersäure an, in welchem Zustande sie dann die von mir angegebenen Eigenschaften besitzt; allein auſserdem zeigt sie eine andere sehr wichtige, die ich noch nicht beobachtet hatte.

Man hat gesagt, daſs die Chlorsäure, bei der Destillation, sich zum Theil verflüchtige, während ein anderer zersetzt werde, in Chlor und Sauerstoff zerfalle. Ich habe gefunden, daſs diese Zersetzung nur bei einer Portion stattfindet, und daſs eine andere, fast ein Drittel der angewandten Chlorsäure, sich in *Ueberchlorsäure* verwandelt. Wahrscheinlich ist es diese Säure, welche die Chemiker für Chlorsäure hielten, weil sie es unterlieſsen, sie nach der Destillation auf's Neue zu untersuchen.

Wenn man Chlorsäure destillirt, geht anfänglich der wäſsrige Theil über (den man als unnütz fortschütten kann), und dann zeigt sich eine farblose, schwere, an den Wänden der Retorte herabflieſsende Flüssigkeit. Durch Steigerung der Hitze, besonders gegen das Ende, wo sie recht stark seyn muſs, an allen Punkten der Retorte, wo sich die Flüssigkeit sammelt, kann man sie in die Vorlage treiben.

Diese Flüssigkeit ist Ueberchlorsäure, welche, ungeachtet ihrer Concentration, nicht, wie die Chlorsäure, Papier entzündet, wohl aber diesem Papier die Eigenschaft ertheilt, bei Auflegung auf eine glühende Kohle lebhafte Funken mit einem heftigen Knistern und zuweilen mit Detonation umherzusprühen.

Digitized by Google

Man kann demnach die Chlorsäure durch Destillation in Ueberchlorsäure verwandeln; es scheiden sich Chlor und Sauerstoff ab in derselben Zeit, wo ein Theil des letzteren sich mit einem Theil nicht zersetzter Chlorsäure verbindet und diese in Ueberchlorsäure verwandelt, welche sehr stabil ist, und sich ohne Zersetzung bei einer hohen Temperatur überdestilliren läſst.

Diese destillirte Säure besitzt anfangs nach der Destillation eine schwache Rosenfarbe, welche sehr wahrscheinlich von einem geringen Gehalt des chlorsauren Kali's an mangansaurem Kali herrührt; wenn man sie aber in einer Schale durch Erwärmung eindampft, wird sie vollkommen farblos. Zur Gewiſsheit, daſs die Ueberchlorsäure rein sey, kann man sie einer abermaligen Destillation unterwerfen.

Ich habe die Ueberchlorsäure mit Chlorwasserstoffsäure erhitzt; allein sie wurde dadurch nicht verändert. Auch beim Sieden mit Alkohol behielt sie ihre Eigenschaften.

Beim Abdampfen und Sieden der Chlorsäure, behufs ihrer Umwandlung in Ueberchlorsäure, muſs die Reaction fast von gleicher Art seyn mit der, welche man bei Einwirkung der Schwefelsäure auf chlorsaures Kali bemerkt, wo ebenfalls nach einander derselbe Geruch nach Salpetersäure auftritt, Entzündung des eingetauchten Papiers stattfindet, und endlich überchlorsaures Kali gebildet wird.

Dieſs Verfahren ist, wie man sieht, ungemein leicht. Das von dem Grafen Stadion, dem wir die Entdeckung der Ueberchlorsäure, der oxydirten Chlorsäure, verdanken *), ist lang, verwickelt und sehr gefährlich; und daher ist die Ueberchlorsäure noch wenig bekannt. Gegenwärtig, da man die Mittel hat, sie sich in Menge und leicht zu verschaffen, kann man sie studiren, und ein tieferes Studium derselben muſs uns unfehlbar, wie das aller

*) Diese Ann. Bd. 52. S. 197. und 339.

Digitized by Google

sauerstoffreichen Körper, neue für die Wissenschaft und deren Anwendung nützliche Eigenschaften enthüllen.

Ich habe überchlorsaures Kali durch Rothglühhitze zerlegt.

Ziemlich oft wird eine geringe Menge des nicht zersetzten Salzes in Gestalt von weiſsen Dämpfen durch das entwickelte Sauerstoffgas fortgerissen; versieht man indeſs das Rohr, in welchem die Zersetzung vorgeht, mit einem andern gebogenen und in destillirtes Wasser gesteckten Rohre, so bleibt das Fortgerissene hier gröſstentheils zurück. Dampft man nun das Wasser, worin das Rohr getaucht war, nebst dem, womit man es noch gut ausgespült hat, zur Trockne, so kann man den fortgerissenen Theil bestimmen und ihn von der Menge des angewandten Salzes abziehen. Und dieſs habe ich auch gethan.

Sechs Versuche, jeder mit 4 Decigrammen angestellt, haben mir, nach Berücksichtigung des verflüchtigten und aufgefangenen Theiles, im Mittel einen Verlust von 1,85 Decigramm gegeben. Dieſs macht nur wenig mehr als 46 Procent, die von Hrn. Berzelius angegebene Zahl, nach welcher derselbe, wie der Graf Stadion, für die Zusammensetzung der Ueberchlorsäure annimmt: 2 Atome Chlor und 7 Atome Sauerstoff, d. h. das Verhältniſs 1 : 3,5.

Ich wollte überchlorsaures Kali nach dem Verfahren von Stadion bereiten; allein zwei Mal wurden, ungeachtet meiner Vorsichtsmaſsregeln, die Schalen sehr heftig zersprengt; so daſs ich mich nicht überführen konnte, wie es meine Absicht war, ob die Säure, welche man auf diese Weise erhält, gleich sey mit der von der Destillation der Chlorsäure. Nach meiner Untersuchung des überchlorsauren Kali's, welches ich mit der durch Destillation der Chlorsäure erhaltenen Ueberchlorsäure bereitet habe, glaube ich indeſs, daſs man daran nicht zweifeln kann. Die Eigenschaften dieses Salzes sind den vorhandenen Angaben gemäſs; es ist bei gewöhnlicher Tempe-

Digitized by Google

ratur sehr wenig löslich in Wasser. Zum Vergleiche habe ich Chlorsäure und Ueberchlorsäure in eine Auflösung reinen Kali's von gleicher Verdünnung geschüttet; die Ueberchlorsäure gab augenblicklich einen reichlichen Niederschlag von überchlorsaurem Kali, während die Chlorsäure die Lösung nicht trübte.

XV. *Ueber die Vermischung des Weizenmehls mit andern Mehlarten;*
von Hrn. Rodriguez, aus Buenos-Ayres.

(*Ann. de chim. et de phys. T. XLV. p.* 55.)

Bei einer vielmals wiederholten mechanischen Analyse habe ich beständig aus 100 Theilen Weizenmehl 27 bis 28 Theile Kleber-Hydrat erhalten. Mehl von Roggen, Reis, Mais, Erbsen und Bohnen hinterlieſsen bei gleicher Behandlung keinen Rückstand.

Bei einem Gemenge aus gleichen Theilen Weizenmehl und Kartoffelstärke, das derselben Analyse unterworfen wurde, betrug der Verlust an Gluten ungefähr ein Drittel; denn statt 13,5 oder 14 Procent, die hätten erhalten werden müssen, wurden nur 9,3 Procent gefunden. Aehnliche Gemenge, in denen die Kartoffelstärke nur $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ betrug, gaben fast gleiche Resultate wie reines Weizenmehl für sich.

Bei der Behandlung dieser Gemenge mit Wasser zeigt sich eine Erscheinung, die erwähnt zu werden verdient. Gegen die Mitte der Operation fängt die, anfangs feste Masse an, sich in einen dicken und klebrigen Brei zu verwandeln, den man unmöglich in den Händen halten kann. Bringt man ihn auf ein feines Haarsieb und fährt fort ihn mit den Fingern zu drücken, so wird er bald vollkommen flüssig. Ist man zu diesem Punkt ge-

Digitized by Google

langt, muſs man den Wasserstrahl vermindern, denn sonst wird ein Theil des Glutens mit dem Stärkmehl durch das Sieb fortgeführt. Bei langsamen Zusatz von Wassertropfen vermeidet man dieses Uebel. Nach 15 bis 20 Minuten wird die Masse wiederum feſt, und dann kann man den Wasserstrahl verstärken. Nimmt man, statt der Kartoffelstärke, Reismehl oder Weizenstärke, so treten dieselben Erscheinungen ein, und man erhält ähnliche Resultate.

Mehl von Mais, Bohnen oder Erbsen verhält sich anders bei der Vermischung mit Weizenmehl. Der Teig behält eine verhältniſsmäſsige Zähigkeit und der Kleber erleidet nicht den geringsten Verlust, in welchem Verhältniſs man auch das Gemenge macht. Zum Theil muſs diese Verschiedenheit der unvollkommenen Zertheilung dieser Mehlarten zugeschrieben werden; allein wahrscheinlich hängt sie auch von deren besonderer Natur ab. Es ist übrigens sehr leicht, die Gegenwart dieser Mehlarten im Weizenmehl durch den eigenthümlichen Geruch zu erkennen, welcher sich beim Kneten der Masse entwikkelt. Ueberdieſs bemerkt man beim Erbsenmehl, und besonders beim Bohnenmehl, daſs das Gemenge gegen Ende der Operation ungemein klebrig und teigig wird. Die Gemenge mit Roggenmehl bieten auch ein recht scharfes Kennzeichen dar. Sie zerfallen nämlich in kleine Theile, welche sich durchaus nicht zu einem homogenen Teig vereinigen lassen. . . . .

Man sieht aus diesen Versuchen, daſs man sich durch eine mechanische Analyse leicht überzeugen kann, ob man es mit reinem oder vermengtem Weizenmehl zu thun habe. Man kann die Beimengungen, selbst wenn sie ein Sechszehntel betragen, noch auffinden. Allein diese Art von Analyse kann bei aller Uebung, die man haben mag, nicht genau seyn, und es ist daher unumgänglich nöthig andere Mittel zu ergreifen.

Ich destillirte reines Weizenmehl in einer irdenen

Digitized by Google

Retorte bei starker Hitze. Das Destillat, in einem Gefäſse mit Wasser aufgefangen, zeigte sich vollkommen neutral Roggenmehl gab ebenfalls ein neutrales Product. Reismehl, Maismehl, Weizenstärke, Kartoffelstärke gaben dagegen saure Producte. Bohnen-, Linsen- und Erbsenmehl gaben eine alkalische Flüssigkeit. Diese Mehlarten in verschiedenen Verhältnissen mit Weizenmehl gemengt, gaben gleiche Resultate, wie für sich. So z. B. gab Kartoffelstärke zu gleichen Theilen mit Weizenmehl vermengt ein Product von genau derselben Sauerheit, wie wenn man sie für sich destillirt hätte.

Die Flüssigkeiten von diesen verschiedenen Operationen wurden mit gleich starken Lösungen von kohlensaurem Kali und Schwefelsäure gesättigt.

100 Th. Kartoffelstärke gaben ein saures Destillat, das zur Sättigung erforderte: kohlensaures Kali	38	Maaſs
100 Th. Reismehl	28	-
100 Th. Maismehl	16	-
100 Th. Weizenstärke	40	-
50 Weizenmehl und 50 Kartoffelstärke	19	-
50 Weizenmehl und 50 Reismehl	14	-
100 Th. Bohnenmehl gaben ein alkalisches Product, das zur Sättigung erforderte: Schwefelsäure	36	Maaſs
100 Th. Linsenmehl	20	-
100 Th. Erbsenmehl	20	-
100 Th. feuchten Kleber	100	-

Die Weizenstärke in ihrem gewöhnlichen Zustand verlor bei der Siedhitze des Wassers 13,1 Procent Feuchtigkeit, und die Kartoffelstärke 19,8. Beide Zahlen stimmen ziemlich überein mit der Menge von kohlensaurem Kali, welche zur Sättigung der sauren Destillate dieser Stärkmehlarten erfordert werden.

Digitized by Google

Zusatz des Hrn. Gay-Lussac. Die Mehlarten enthalten verschiedene Mengen von Kleber. Nimmt man an, daſs diese, wenn auch nur annähernd, bekannt seyen, so ist es leicht, durch bloſse Destillation eines Mehls und Sättigung des Destillats zu bestimmen, in welchem Verhältniſs dasselbe mit einer andern bekannten Mehlart gemengt ist. Nach den obigen Angaben würde ein Weizenmehl, welches bei der Destillation ein saures Product giebt, mit Kartoffelstärke, Reis- oder Maismehl gemengt seyn. Weiſs man, daſs Kartoffelstärke beigemengt ist, und hat man aus 100 Th. des Gemenges ein saures Destillat, das 10 Maaſs der Lösung von kohlensaurem Kali zur Sättigung erfordert, bekommen, so findet man durch eine einfache Alligationsregel, daſs das Gemenge aus 26,3 Stärke und 73,7 Weizenmehl besteht.

Die Mehl-Destillationen, welche Hr. Rodriguez auf mein Ersuchen unternommen hat, zeigen, daſs die Saamen der Hülsenfrüchte weit stickstoffhaltiger als die der Getreidearten sind. Dieſs Resultat ist in Bezug auf ihre nährenden Kräfte von groſser Wichtigkeit; denn es lehrt uns, daſs die Kartoffelstärke durch Zusatz von Mehl einer Hülsenfrucht stark animalisirt, und dadurch zur Nahrung der Menschen und der Thiere geeigneter gemacht wird.

XVI. *Ueber die mit der Tieſe zunehmende Temperatur der Grubenwässer in Cornwall. Auszug eines Schreibens von Hrn. Robert W. Fox in Falmouth an Hrn. Alexander von Humboldt.*

— Die Beobachtungen, welche ich früher über die Wärme des innern Erdkörpers angestellt *), sind jetzt

*) Eine Zusammenstellung dieser und anderer Beobachtungen über

Digitized by Google

in Cornwall ansehnlich erweitert worden. Die Kupfergrube *Tingtang*, im Kirchspiele *Gwennap*, hatte im Jahre 1820 eine Tiefe von 105 Fathoms (oder 210 Yards), und das Wasser daselbst besaſs 68° F. Wärme; jetzt (Juni 1830) zeigt das Wasser in 178 Fathoms Tiefe 82° F. In der Zinngrube *Huel Vor*, bei Helston, besaſs im J. 1819 das Wasser in 139 Fathoms Tiefe die Temperatur 69°; jetzt ist sie 209 Fathoms tief, und die Temperatur der tiefſten Grubenwässer 79°. Das Wasser der Kupfer- und Zinngrube Poldice hatte im J. 1820 in 144 Fathoms Tiefe die Temperatur 80°; jetzt, da die Grube 176 Fathoms tief ist, zeigen die Wässer 100° F. Von so warmem Grubenwasser werden dort alle 24 Stunden 1,800000 Gallonen gepumpt. Sie brechen auf Uebergangs-Thonschiefer aus, und enthalten eine beträchtliche Menge Kochsalz, obgleich die Grube mehrere Meilen vom Meeres-Ufer entfernt ist.

XVII. *Ueber das Harz des Copaivabalsam; von G. Schweitzer.*

Die früher von mir als eine Verbindung von Ammoniak und Copaivaharz beschriebenen Krystalle *) haben sich als solche nicht bewährt; denn als ich den Gehalt des Ammoniaks bestimmen wollte, fand ich, daſs er bei verschiedenen Krystallen sich auffallend verschieden zeigte, und dadurch bin ich auf die Vermuthung geführt, daſs das Ammoniak nur adhärire. Diese Ansicht wurde durch

Grubenwärme findet man in dies. Ann. Bd. 76. S. 390.; spätere Nachträge dazu sind enthalten in Bd. 89. S. 363. und Bd. 91. S. 159. *P.*

*) Diese Ann. Bd. 93. S. 487.

folgende Versuche bestätigt: Die zerriebenen Krystalle wurden eine Zeit lang der Luft ausgesetzt und wiederholentlich in kochendem Alkohol aufgelöst. Nach genauer Prüfung zeigten die Krystalle keine Spur von Ammoniak, eben so, wenn diese bei gelinder Wärme geschmolzen und in dieser Temperatur einige Augenblicke gehalten wurden. Diese von Ammoniak freien Krystalle haben die schon früher bezeichnete Form, röthen Lackmuspapier und enthalten Wasser, das beim Schmelzen nicht frei wird, aber mit frischgeglühtem Bleioxyde zusammengeschmolzen sich sogleich entbindet.

Macht man ein Gemisch aus Aetzkali oder Aetznatron mit Copaivabalsam in dem beim Aetzammoniak angewandten Verhältniſs, so scheidet sich bei einer sehr niedrigen Temperatur (—15° R., beim Natron sogar erst bei —20° R.) Harz aus, in kleinen krystallinischen Gruppen. Dieses Harz wird bei der geringsten Temperaturerhöhung sehr leicht von dem Gemisch wieder aufgenommen. Das Harz ist dasselbe, welches sich aus dem Balsam durch Behandlung mit Ammoniak abscheidet. Da sich, im Verhältniſs zu der im Copaivabalsam enthaltenen Menge Harzes nur wenig krystallisirtes ausscheidet, so bin ich, durch einige für jetzt oberflächliche Untersuchungen noch bestärkt, auf die Vermuthung gekommen, daſs sich im Copaivabalsam wesentlich verschiedene Harze befinden.

Digitized by Google

XVIII. *Preisfrage der Fürstlich Jablonowski'schen Gesellschaft.*

Die Fürstl. Jablonowski'sche Gesellschaft der Wissenschaften hat für die Jahre 1831, 1832 und 1833 folgende Preisfragen aufgegeben:

I. Aus der Geschichte.

1) Für das Jahr 1831. Darstellung der Verhältnisse und Schicksale der Akatholischen im Königreiche Polen, vom Abgange des Jagellonischen Hauses in Polen, bis zur Vertreibung der Unitarier aus dem Lande um die Mitte des 17ten Jahrhunderts, nebst den Ursachen und Veranlassungen dieser Schicksale und ihrem Einflusse auf den Staat und die Cultur des Landes und Volkes.

2) Für das Jahr 1832. Aus den Quellen gezogene und staatswissenschaftliche Betrachtungen der unter den Königen des Jagellonischen Stammes gehaltenen Reichstage in Polen und den dabei stattgefundenen Veränderungen.

3) Für das Jahr 1833. Was hat Casimir der Groſse für das Städtewesen in Polen gethan, und mit welchem Erfolge?

II. Aus der Physik und Mathematik.

1) Für das Jahr 1831. Man verlangt neue Untersuchungen über die Eigenschaften der krummen Fläche, die in der Gleichung

$$o=(1+q^2)r-2pqs+(1+p^2)t$$

dargestellt wird, wo

$$p=\frac{dz}{dx},\ q=\frac{dz}{dy},\ r=\frac{d^2z}{dx^2},\ s=\frac{d^2z}{dx\,dy},\ t=\frac{d^2z}{dy^2};$$

und x, y, z, die Coordination irgend eines Punktes dieser Fläche sind.

Digitized by Google

2) Für das Jahr 1832. Das Jahr 1829 und der erste Theil des Jahres 1830 haben sich durch so viele merkwürdige Veränderungen der Witterung ausgezeichnet, daſs nicht leicht ein Zeitraum gefunden werden möchte, welcher bei gleich geringem Umfange so passend zur Beantwortung mancher meteorologischen Fragen wäre. Die Gesellschaft fordert daher, daſs eine meteorologische Geschichte des Jahres 1829, und der Monate Januar und Februar des Jahres 1830 ausgearbeitet werde, aus welcher, so viel als möglich, hervorgehe, wie die an einem Orte beobachteten Aenderungen der Witterung von den Veränderungen in andern Gegenden abhängen; wo die so heftig wüthende Kälte entstanden, wo sie zuerst beobachtet, in welchen Grenzen sie so bedeutend gewesen sey; welche Ursache das so schnell eintretende Thauwetter bewirkt habe; wie der fast überall kalte Sommer sich verhalten habe, u. s. w.

3) Für das Jahr 1833. Da die von Poisson, Fresnel, Cauchy und andern Physikern angestellten Untersuchungen über die Fortpflanzung des Lichtes noch nicht so erläutert und in geordnete Uebersicht gebracht zu seyn scheinen, daſs daraus deutlich hervorgehe, wie entscheidend diese für die Undulationstheorie sprechende Untersuchungen sie bestätigen, so verlangt die Gesellschaft theils eine genaue und vollständige Darstellung und Erläuterung dieser Untersuchungen, theils eine Beurtheilung, was in denselben für erwiesen gehalten, und was noch zweifelhaft sey.

III. Aus der politischen Oeconomie in Beziehung auf Sachsen.

1) Für das Jahr 1831. Wodurch kann die Linnen- und die Papier-Fabrication in Sachsen erweitert und noch mehr gehoben werden?

2) Für das Jahr 1832. Wie kann das Forstwesen in Sachsen auf die Beförderung des Gewerbes einwirken,

Digitized by Google

namentlich durch den Anbau von Fabrikhölzern, als Ahorn, Buchen u. dergl. mehr.

3) Für das Jahr 1833 wird die für das Jahr 1830 aufgegeben gewesene Frage wiederholt: Bedarf die sächsische Landwirthschaft, verglichen mit der niederländischen, einer Verbesserung, und worin würde dieselbe im bejahenden Falle bestehen? Joh. Nepom. von Schwerz, Anleit. zum prakt. Ackerbau, Stuttg. 1823 ff. 3 Bde.; ebendesselben Landwirthschaftl. Mittheilungen, und Fr. Feihl's Beobacht. über die belg. Feldwirthschaft geben über die niederländische Landwirthschaft die nöthige Auskunft, um ihre Anwendbarkeit auf Sachsen zu beurtheilen.

Die Preisschriften können, was die zwei ersten betrifft, ohne Ausnahme in lateinischer, die dritte aber entweder in lateinischer oder französischer, oder auch deutscher Sprache abgefafst seyn, müssen aber, deutlich geschrieben, vor Ende des Novembers 1831 an den derzeitigen Secretär der Gesellschaft, den Prof. der histor. Hülfswissenschaften, Fr. Chr. Aug. Hasse, mit einem Motto versehen, und einem versiegelten Zettel, der auswendig dasselbe Motto, inwendig den Namen und Wohnort des Verfassers angiebt, begleitet, postfrei eingesendet werden. Der bestimmte Preis ist eine Goldmünze, 24 Ducaten an Werth.

Digitized by Google

,

gemäſs den rvette La Coquille, unter dem Beſehl

.

Bemernter der Horizontallinie, d. h. die Beobachtungen wurdet

Bei d Nadel unter der Horizontallinie, folglich wurden die B

Gegend d	Magnetische Breite.	Geographische Lage des magnetischen Aequators. Breite.	Länge.
Atlantischer C	12° 27′ 0″ N.	10° 49′ 46″ S.	22° 12′ 55″ W.
	10 8 56	10 7 38	23 4 21
	9 32 37	10 58 39	23 31 4
	9 21 0	11 57 21	23 57 34
	7 46 0	12 9 49	24 22 16
	5 36 40	11 50 13	25 6 35
	1 4 43	12 18 1	26 14 44
	0 48 40	12 30 43	26 25 20

Digitized by Google

	Mittlere Neigung.	Magnetische Breite.	Geographische Lage des magnetischen Aequators.	
			Breite.	Länge.
Dur	— 0° 11',0	0° 5' 30" S.	12° 49' 45" S.	27° 5' 4" W.
sc	— 0 51,3	0 25 40	12 59 16	27 16 34
	— 3 13,2	1 36 41	13 7 1	28 5 30
	— 6 28,8	3 15 1	13 30 3	28 43 3
	—11 1,2	5 33 41	14 0 0	30 2 46
	—12 42,0	6 25 44	14 46 22	33 12 38
Süd	—20 25,5	10 32 50	15 2 56	43 4 8
	—23 7,2	12 3 0	15 19 39	47 24 49
San	—22° 53',6	11° 55' 20" S.	15° 34' 42" S.	49° 32' 40" W.
Süd	—20° 11',5	10° 31' 15" S.	9° 20' 28" S.	77° 10' 48" W.
	—14 50,2	7 31 40	9 26 12	77 50 26
Bei	— 9 54,6	4 59 32	9 10 55	78 25 52
	— 8 26,6	4 14 11	8 48 18	78 39 17
Ca	— 8 33,3	4 18 5	7 45 37	78 54 14
	— 7 5,9	3 33 46	7 46 26	80 18 54
	— 4 7,6	2 3 58	8 2 45	81 27 14
Sü	— 2 19,3	1 9 40	7 44 50	82 38 5
	— 1 41,3	0 50 40	7 33 13	83 2 37
	— 0 1,4	0 0 42	7 42 26	83 46 28
Du				
	+ 1 50,8	0 55 25 N.	7 45 32	83 53 37
Pa	+ 4° 5',7	2° 3' 0" N.	7° 7' 35" S.	83° 51' 39" W.
Du	— 0° 51',3	0° 25' 39" S.	5° 57' 34" S.	85° 58' 33" W.
	— 3 50,7	1 55 11	5 56 51	87 11 28
	—27 36,3	14 39 7	4 3 31	98 9 6
	—27 14,0	14 25 52	2 57 8	102 48 38
	—27 46,9	14 45 27	2 36 19	106 50 48
	—27 29,8	14 35 15	2 19 37	114 31 14
	—27 35,8	14 38 50	2 16 31	124 13 7
	—27 42,7	14 42 56	2 15 0	130 37 42
B	—30 12,5	16 30 50	2 11 25	136 32 2
T	30° 3',0	16° 8' 0" S.	1° 28' 5" S.	149° 55' 24" W.

Digitized by Google

Gegen	Magnetische Breite.	Geographische Lage des magnetischen Aequators.	
		Breite.	Länge.
Im Angesic Cruz .	13° 28′ 54″ S.	3° 0′ 32″ N.	164° 9′ 16″ O.
	11 22 57	3 26 52	158 37 16
	10 23 20	5 2 32	154 52 6
Port-Prasli	10° 40′ 50″ S.	5° 46′ 42″ N.	151° 44′ 43″ O.
Im Angesic ten und	8° 56′ 30″ S.	5° 26′ 47″ N.	149° 15′ 32″ O.
	9 12 6	6 4 50	142 33 51
	8 18 20	6 40 43	138 11 18
	6 25 30	6 5 16	136 12 48
	6 14 54	6 18 35	133 52 50
Moluckisch	7 1 20	7 3 29	131 29 21
Hafen von	6° 53′ 0″ S.	6° 51′ 9″ N.	128° 30′ 4″ O.
Caïeli (zu	10° 23′ 30″ S.	7° 0′ 55″ N.	124° 51′ 47″ O.
Amboina (	10° 36′ 40″ S.	6° 58′ 58″ N.	125° 55′ 18″ O.
Südsee .	8° 27′ 42″ S.	0° 26′ 6″ S.	176° 36′ 58″ O.
Im Angesich und St.	7 43 50	0 8 3 N.	175 33 10
	6 17 0	0 9 3 S.	174 35 31
	5 7 5	1 2 33 N.	174 6 56
	3 40 40	0 41 12	173 24 35
Im Angesic	1 47 26	0 1 13	173 1 31
mont (G	1 36 56	0 6 57 S.	173 0 4
Im Angesich	1 32 7	0 51 16 N.	172 11 11
Neben der	1 1 16	1 12 2	171 11 38
Neben der	0 15 45	1 8 29	170 41 10
Neben den	0 36 15 N.	0 57 8	170 19 27
	2 21 53	1 18 49	169 19 5
	3 6 5	3 31 51	165 50 44
Durchschnei schen Aeq	1 42 8	3 23 33	163 47 14
Ualan (Carol	1° 35′ 20″ N.	3° 47′ 20″ N.	160° 25′ 10″ O.
Südsee .	2° 41′ 12″ S.	5° 58′ 59″ N.	154° 2′ 9″ O.
	1 54 47	6 21 40	151 35 0
	0 56 16	6 35 50	150 43 13

Digitized by Google

Mittlere Neigung.	Magnetische Breite.	Geographische Lage des magnetischen Aequators. Breite.	Länge.
Sü- 1° 33′,7	0° 46′ 51″ N.	6° 38′ 17″ N.	150° 34′ 58″ O.
N- 1 41,0	0 50 31	6 36 41	150 43 43
- 1 11,2	0 35 36	6 37 45	149 9 49
- 0 3,7	0 1 51	6 46 46	145 2 30
- 0 16,2	0 8 6	6 42 33	144 8 37
Dt			
- 2 0,0	0 9 46 S.	7 20 52	144 10 27
-12 13,9	6 11 15	6 51 23	141 41 40
Dc-14° 35′,6	7° 25′ 0″ S.	6° 33′ 0″ N.	131° 57′ 30″ O.
M-24° 2′,1	12° 34′ 10″ S.	6° 23′ 3″ N.	119° 22′ 13″ O.
Su-26° 38′,6	14° 5′ 0″ S.	6° 52′ 29″ N.	110° 25′ 35″ O.
Me-23° 41′,8	12° 22′ 40″ S.	6° 51′ 10″ N.	106° 22′ 21″ O.
Atl-25 43,7	13 32 50	7 31 2 S.	7 39 9 W.
St.-15° 3′,2	7° 39′ 30″ S.	8° 42′ 4″ S.	10° 40′ 16″ W.
Atl- 8° 47′,3	4° 25′ 12″ S.	8° 57′ 17″ S.	12° 35′ 31″ W.
- 3 4,5	1 32 19	9 19 24	13 19 15
Du			
- 0 1,9	0 0 57 N.	9 44 42	14 13 13
Im- 2 12,8	1 9 26	9 22 24	15 23 44
As- 1° 58′,2	0° 59′ 0″ N.	8° 51′ 37″ S.	16° 27′ 10″ W.

Digitized by Google

ANNALEN
DER PHYSIK UND CHEMIE.

JAHRGANG 1831, ZWEITES STÜCK.

I. *Ueber Moussons und Passat;*
von H. W. Dove.

In Band 13. S. 589. dieser Annalen habe ich darauf aufmerksam gemacht, daſs in Calcutta die monatlichen barometrischen Mittel innerhalb der jährlichen Periode eine regelmäſsige Veränderung erleiden*). Daſs der Grund dieser Erscheinung in dem gegenseitigen Verdrängen des Moussons zu suchen sey, habe ich dadurch zu beweisen gesucht, daſs ich die barometrischen Werthe der Winde für die einzelnen Monate bestimmte, und auſserdem zeigte, daſs die mittlere Windesrichtung sich analog den Bewegungen des Barometers verändere. Ich entlehne von

*) Daſs diese Erscheinung nicht local sey, suchte ich durch Vergleichung der Veränderungen in Calcutta mit denen in Bogota zu zeigen. Die allgemeinere Bedeutung des Phänomens ist aber schon früher von Hrn. von Humboldt, *Relation*, *X*. *p*. 448., ausgesprochen worden. Boussaingault's Beobachtungen kannte ich nur aus den *Annales de Ch. et Ph. XXXIII. p*. 432., da der 10. Band der Humboldt'schen Reise damals noch nicht in Königsberg war. Ich konnte daher nicht der sie begleitenden Bemerkungen gedenken, weil sie mir nicht bekannt waren. Die von mir berechneten Beobachtungen in Calcutta sind vom Jahr 1785.

Digitized by Google

dorther folgende Tafel (englisches Maaſs, den Wind von S. nach W. gezählt):

	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.
Temperat.	66°,6	75°	79°	82°,5	86°	83°
Regen	—	2″,9	0″,5	8″,0	6″,0	24″,4
Barometer	30″,08	30″,02	29″,95	29″,83	29″,77	29″,58
Wind	156°	80°	355°	337°	348°	321°
	NNW.	WSW.	S.	SSO.	SSO.	SO.

	Juli.	August.	Sept.	Octob.	Novemb.	Dec.
Temperat.	83°	83°	83°	83°	75°	69°
Regen	12″,8	9″,3	11″,7	1″,4	0″,5	—
Barometer	29″,59	29″,62	29″,71	29″,91	29″,98	30″,01
Wind	314°	299°	285°	94°	118°	135°
	SO.	OSO.	OSO.	W.	WNW.	NW.

Hr. von Buch, welcher später diese periodischen Veränderungen der barometrischen monatlichen Mittel als das Charakteristische der subtropischen Zone bezeichnet hat, giebt von der Erscheinung in Indien, Bd. 15. S. 359., folgende Erklärung:

»Da es erwiesen zu seyn scheint, daſs die verschiedenen Barometerhöhen und ihre Unregelmäſsigkeiten von der Natur der herrschenden Winde abhängen, so wird der abnehmende Gang der mittleren Barometerhöhen wahrscheinlich auch von der Veränderung der Winde herrühren, und dieſs wird durch die Erscheinungen in Indien bestätigt. Denn hier sind es unmittelbar die regenbringenden Südwestmoussons, welche die Barometerhöhen vermindern, und dieſs ganz im Verhältniſs, als sie, *von oben herab*, die Oberfläche berühren. Die Nordostwinde erheben dann das Barometer mit derselben Gleichförmigkeit wieder.«

Hr. v. Buch sucht also ebenfalls in der veränderten mittleren Windesrichtung den Grund der veränderten mittleren Barometerhöhe, nimmt aber an, daſs die SW. Mous-

Digitized by Google

sons von oben herab die Oberfläche berühren, oder mit anderen Worten, daſs sie der herabkommende obere nördliche Passat sind. Die frühere, wie ich glaube, ziemlich allgemein angenommene Ansicht, der ich gefolgt war, ist, daſs sie der bis in diese hohen Breiten heraufrückende südliche untere Passat sind. Ich werde jetzt das anführen, was mir für diese ältere Ansicht zu sprechen scheint, weil, wenn sie irrig ist, eine Berichtigung derselben nur dem Verständnisse dieser räthselhaften Erscheinung förderlich seyn kann. Und räthselhaft ist sie: Moussons, Winde der Jahreszeiten. Wie mag Mungo Park erstaunt seyn, als er in Mangi zuerst davon hörte.

Es giebt zwei Arten periodischer Winde, die, welche eine tägliche, und die, welche eine jährliche Periode befolgen.

Zu der ersten Klasse gehören:

1) die Land- und Seewinde in heiſsen Klimaten, welche im mittelländischen Meere noch so entschieden hervortreten, und welche selbst in höheren Breiten im heiſsen Sommer sich zeigen. Noch in Pillau kennen sie die Lootsen; in Danzig sind sie sehr merklich.

2) Die abwechselnden Winde in engen Thälern;

3) an den Ufern groſser Landseen.

Wenn bei Tage das Land sich stärker erwärmt als die See, so wird die Luft über dem Lande in die Höhe steigen, die kältere Seeluft unten zuströmen. Ueber der See fällt die Luft herab, wie im Schatten einer vorüberziehenden Wolke an einem heiſsen Sommertage, von der es kalt herweht. In der Nacht kühlt sich das Land stärker ab, als die Oberfläche des Wassers, diese wird endlich wärmer, die Luft strömt vom Lande nach der See.

Jener senkrechte Kreislauf ist also einem gedrehten Rade zu vergleichen. Ist die Temperatur gleich, so steht es, wird sie ungleich, so dreht es sich, zuerst nach der einen Seite hin, dann nach der entgegengesetzten. Es

Digitized by Google

steht zwei Mal täglich still, wenn die eine Drehung in die andere übergeht.

Ist das Land ein halbes Jahr wärmer als die See, und umgekehrt, so wird das Rad im Jahre zwei Mal stillstehn, und zwei Mal sich drehen. Wir werden also erhalten: zwei Luftströme nach entgegengesetzten Richtungen, getrennt durch Perioden keiner vorherrschenden Richtung.

Dieſs ist aber die Erscheinung der Moussons.

In Beziehung auf die Verhältnisse der Winde zur Vertheilung der Temperatur kann man zwei Klassen unterscheiden.

1) Winde, welche von einer kälteren Gegend nach einer wärmeren hinströmen. Dieſs sind die Passate und Moussons.

2) Winde, welche von der wärmeren nach der kälteren hinflieſsen, dieſs sind die SW. und NW. Winde an der äuſseren Grenze des NO. und SO. Passat.

Erwärmt man in einer Flüssigkeit irgend eine Stelle stärker als die übrigen, so findet von allen Seiten ein Zuströmen der kälteren Theile statt, die einander entgegengesetzten Bewegungen heben einander auf, es entsteht Ruhe, da wo die Wärmequelle ist. Eine ruhig brennende Lichtflamme giebt davon das deutlichste Bild.

Stände die Sonne immer senkrecht über einem Punkte des Aequators der unbewegten Erde, so würde nach diesem heiſsesten Punkte von allen Weltgegenden die Luft zuströmen; es wäre die Erscheinung der Lichtflamme. Aber die Erde dreht sich, es entsteht ein ruhiger Gürtel, dessen Temperatur die höchste ist. Er bildet die Grenze zwischen der von der nördlichen und südlichen Hälfte zuströmenden kälteren Luft, deren jede für sich einen Kreislauf vollführt. Innerhalb dieses ruhigen Gürtels wird die tägliche Periode ihre volle Bedeutung haben, die Erscheinungen des Courant ascendant am Entschiedensten hervortreten. Ich rechne hierzu:

Digitized by Google

1) tägliche Gewitter,
2) Abwechselung von Land- und Seewinden,
3) tägliche Veränderung des Barometers.

Auſserhalb desselben, da, wo die Luft zuströmt, wird die Wirkung des Courant ascendant durch die vorherrschende Windesrichtung geschwächt, und umgekehrt, diese durch jenen modificirt.

Theoretische Untersuchungen über die durch die täglichen Temperaturveränderungen entstehenden Luftströmungen in dem Aequatorialgürtel, unter der Voraussetzung, daſs die Ekliptik mit dem Aequator zusammenfalle, und ein Zuströmen von Norden und Süden durch dem Aequator parallele Zwischenwände gehindert werde, findet man*). Doch hat, wie Fourier**) bemerkt, die Temperatur der zuströmenden Luft auf die entstehenden Bewegungen einen wesentlichen Einfluſs.

Was wir uns bisher fixirt dachten, ändert sich mit der Abweichung der Sonne, jener ruhige Gürtel rückt mit ihr herauf und herunter. Die nördliche Grenze desselben im Atlantischen Ocean, d. h. die Breite, wo der NO. Passat in der Nähe des Aequators aufhört, ist nach d'Après:

im Januar und Mai	zwischen	6°	und	4°	N.	Br.
- Februar	-	3	-	5	-	-
- März und April	-	5	-	2	-	-
- Juni	bei	10				
- Jul., Aug., Sept.	zwischen	13	-	14	-	-

Seller gab im Jahr 1675 folgende Grenzen des NO. Passat, und zugleich die Richtungen des dem NO. entgegenwehenden SO. Passat:

*) *Recherches physiques et mathematiques sur la théorie des vents reglée. Berlin* 1747.

**) *Mémoire d'analyse sur le mouvement de la chaleur dans les fluides.*

Digitized by Google

im Jan., Febr., März	4°	N. Br., wo d. SO. u. O. anfängt
April	5	- - - - SO.
Mai	6	- - - - SO. etwas südlich
Juni	8	- - - - S.
Juli	10	- - - - S. etwas westlich
Aug.	11	- - - - S. etwas westlich
Sept.	10	- - - - S.
Oct.	8	- - - - S. etwas östlich.
Nov.	6	- - - - SO.
Dec.	5	- - - - SO.

Wir sehen also, daſs, je weiter der SO. Passat über den Aequator nördlich herauf rückt, er desto mehr südlich und südwestlich wird, eine nothwendige Folge der mit der Entfernung vom Aequator abnehmenden Rotationsgeschwindigkeit der Erde. Zwischen beiden Passaten sind die Winde, nach Seller, veränderlich, und zwar im nördlichen Theile des Zwischengürtels mehr zwischen N. und NO. *), im südlichen zwischen S. und SO. Die vollständigsten Bestimmungen der Grenzen beider Passate, welche ich die *inneren* nennen werde, im Gegensatz zu den den gemäſsigten Zonen zugewandten, welche die *äuſsern* heiſsen mögen, verdanken wir Horsburgh, welcher sie aus den Angaben von 149 Schiffen, die aus dem NO. in den SO. Passat gingen, und von 88, welche aus jenem in diesen kamen, zwischen 18° und 26° W. L. bestimmt hat. Sie sind in der folgenden Tabelle enthalten.

*) Dasselbe behauptet Basil Hall, *on the Trade Winds considered with reference to* Mr. Daniells *Theory of the Constitution of the Atmosphere.*

	SO. Passat g an		Mittlere Bestimmung aus Hin- und Herfahrt.		
	n	im Mittel bei	Südliche Grenze des NO. Passat.	Nördliche Grenze des SO. Passat.	Breite des Gürtels zwischen beiden Passaten.
Januar	4° N.	3° N.	5° 45′ N.	2° 45′ N.	3°
Febru	1	1	6	1 15	4 45′
März	2 30	1 30	5 8	1 15	3 45
April	2 30′	1 30	5 45	1 15	4 30
Mai .	4	3	6 30	2 45	3 45
Juni	5	3	9	3	6
Juli .	5	3	12	3 30	8 30
Augus	4	2 30	13	3 15	9 45
Septe	3	2	11 45	3	8 45
Octob	5	3	10	3	7
Noven	5	4	8	3 45	4 15
Decen	4 30	4	5 30	3 15	2 15

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 1. Taf. III. ist eine graphische Darstellung dieser Tabelle. Die Linie *ab* ist die mittlere südliche Grenze des NO. Passat, *a′b′* verbindet die nördlichsten, *a″b″* die südlichsten Punkte, wo man in einzelnen Fällen das Aufhören des NO. Passat beobachtet hat. Die Linie *cd* ist die mittlere nördliche Grenze des SO. Passat, die Linie *c′d′* verbindet die nördlichsten Punkte, *c″d″* die südlichsten, wo man diese Grenze wahrgenommen hat. Die windstille Gegend, welche beide Passate trennt, ist also im Mittel der Raum *abcd*; in einzelnen Fällen aber liegt sie nördlicher oder südlicher, und zwar ist die nördlichste Lage, die man beobachtet hat, *a′b′c′d′*, die südlichste *a″b″c″d″*, zwischen diesen schwankt sie. Sie ist am breitesten im August $9\frac{3}{4}{}^{0}$, am schmälsten im December $2\frac{1}{4}{}^{0}$, nach Basil Hall ist sie im stillen Ocean im September am breitesten, 550 Meilen, im December und Januar am schmalsten. 150 Meilen. Ihre mittlere Breite beträgt also, nach Horsburgh, $5\frac{1}{2}{}^{0}$; Prevost schrieb ihr nur eine Breite von 2° zu. Die Seeleute nennen sie »*die Gegend der Veränderlichen*,« auch *die Gegend der Windstillen*« im Gegensatz zur constanten Richtung des Passats. Nach den Angaben der einzelnen Schiffe bei Horsburgh sind SW. und SSW. am häufigsten in ihr beobachtet. Heftige Stürme erscheinen in ihr als Wirbelwinde in ihrem Andrang gegen die widerstehende Atmosphäre, vorzüglich häufig und länger dauernd in der Nähe des Landes, auf der offnen See nur 1 bis 2 Stunden lang heftig. Um die Grenzen in den Jahreszeiten zu bestimmen, werde ich, da die Anzahl der Schiffe in den einzelnen Monaten sehr ungleich ist, die Mittel aus den Monaten nehmen. Man erhält dann:

Digitized by Google

	Grenze des NO. Passat.	Grenze des SO. Passat.	Breite der Zwischenzone.
Winter	5° 45′	2° 25′	3° 20′
Frühling	5 47	1 45	4 2
Sommer	11 20	3 15	8 5
Herbst	9 55	3 15	6 40
Jahr	8° 12′	2° 20′	5° 52′

Die Veränderungen der Breite der Zwischenzone entstehen hauptsächlich durch das plötzliche Zurücktreten der Südgrenze des NO. Passat im Sommer, während die Nordgrenze des SO. Passat nur wenig sich erhebt, und überhaupt viel constanter ist als jene.

Wir wollen nun die mittlere Breite des Gürtels zunächst als unveränderlich im Jahre annehmen, und uns denken, daſs er mit der Sonne um 23½° herauf- und herunterrücke, so daſs er also im Juni sich unter dem Wendekreise des Krebses, im December unter dem des Steinbocks befinde. Es werden dann alle Orte der heiſsen Zone eine Zeit lang im nördlichen Passat liegen, eine Zeit lang im südlichen; beide Perioden werden durch Zwischenperioden keiner vorherrschenden Windesrichtung getrennt seyn. Strömt nämlich die Luft immer nach dem Parallelkreise, über welchem die Sonne im Zenith steht, so wird an allen Orten, wo sie zwei Mal durch das Zenith geht, die Luft zwei Mal nach entgegengesetzten Richtungen flieſsen. Die Zeitdauer beider Luftströme wird unter dem Aequator gleich seyn, in der nördlichen Hälfte wird der nördliche, in der südlichen der südliche länger dauern. Die Unterschiede der Dauer beider werden mit der Entfernung vom Aequator zunehmen, an den Wendekreisen wird nur ein Passat stattfinden, unterbrochen durch Windstille zur Zeit des Solstitium. Wir würden also für jeden Ort in der heiſsen Zone Moussons: Winde der Jahreszeiten erhalten.

Bei dieser Betrachtung haben wir zunächst darauf

nicht Rücksicht genommen, daſs die Quantität der durch die Gegend der Windstillen getrennter Luftmassen zu verschiedenen Jahreszeiten sehr verschieden ist, indem nämlich die Luftmasse der heiſsen Zone bei dem Wintersolstitium in den nördlichen Kreislauf mit aufgenommen wird, bei der Sommersonnenwende in den südlichen, und nur bei den Aequinoxien beide gleich sind. Dieſs mit den Jahreszeiten sich fortdauernd ändernde Verhältniſs wird hemmend auf das Herauf- und Herunterrücken wirken. Auſserdem ist die Temperatur eines Monats nicht allein bedingt durch die Höhe der Sonne, sondern durch das ganze Verhältniſs der periodischen Veränderungen derselben*), der heiſseste Monat fällt daher später als der höchste Stand der Sonne im Jahre, so wie die heiſseste Stunde später als der höchste Stand am Tage, welches ebenfalls hemmend wirken muſs. Drittens findet der senkrechte Kreislauf nicht in einem überall gleich weiten Gefäſs statt, sondern in einem sich immer mehr verengernden, denn der Raum zwischen zwei Meridianen kann als die Grundfläche eines gleichschenkligen dreiseitigen Prisma's betrachtet werden, dessen Grundlinie die höchste Temperatur hat. Die über derselben aufsteigende Luft wird daher nicht an der Spitze, sondern bei einer Parallele derselben herunterkommen. Viertens endlich wird der entgegenwehende Passat selbst dem Zurückdrücken ein Hinderniſs entgegenstellen. Die Zusammenwirkung dieser vier Ursachen wird auf der Erde, wenn sie mit einer nicht verdampfenden Flüssigkeit bedeckt wäre, die Verminderung der Veränderung mit den Jahreszeiten quantitativ bestimmen, die Verdampfung sie noch modificiren. Aber die Erde ist nicht eine mit Wasser bedeckte Kugel, die Masse des Landes auch nicht auf beiden Erdhälften symmetrisch vertheilt, im Gegentheil auf der nörd-

*) Die Temperaturformeln für den Aequator, die Wendekreise und die Breite von 45° hat Lambert gegeben, Pyrometrie, §. 634—636.

lichen Erdhälfte so überwiegend, daſs nach der gröſsten Masse gezeichnete Planigloben fast Polarprojectionen werden. Wir wollen annehmen, die ganze nördliche Erdhälfte sey fest, die südliche flüssig, das feste Land werde zugleich im jährlichen Mittel durch die Einwirkung der Sonne wärmer als das Meer, so wird die ganze nördliche Erdhälfte eine höhere Temperatur erhalten als die südliche (abgesehen von der mit der Entfernung der Erde von der Sonne abnehmenden Dichtigkeit der Strahlen, welche durch die Zunahme der Dauer der Wirkung compensirt wird), der Aequator wird daher nicht mehr die heiſseste Linie der Erde seyn, diese, welche wir den thermischen Aequator nennen wollen, wird vielmehr nördlicher fallen, die mittlere Lage der Gegend der Windstillen ihn bezeichnen. Sehen wir diese nämlich als die Scheidelinie zwischen den Erdhälften gleicher Wärmequantität an, so muſs sie ungleiche Raumtheile abscheiden, wenn die Temperatur nicht gleich auf beiden Seiten des Aequators vertheilt ist.

Aus den schönen Untersuchungen von Atkinson ergiebt sich für den Aequator eine höhere Temperatur, als die, welche Hr. v. Humboldt ihm in seinen Isothermen zugeschrieben hat. Ein ähnliches Resultat wie Atkinson hat Brewster gefunden, welcher die Polarprejectionen der thermischen Vertheilung betrachtete, und daher die Temperatur eines Ortes nach dem Abstand von den Kältepolen bestimmte, von welchen die Erde viere zu haben scheint. Die Temperaturformeln beider sind hauptsächlich auf Beobachtungen der nördlichen Erdhälfte gegründet; die für den Aequator aus diesen Formeln berechnete Temperatur ist also der aus der Gesammtbetrachtung der Beobachtungen aller Zonen der nördlichen Erdhälfte auf die Wärme der Linie gezogene Schluſs. Hr. von Humboldt hat aber neuerdings gezeigt, und Brewster *) dieſs durch neue Beobachtungen bestätigt,

*) *Journal of Science*, *XV. p.* 60.

Digitized by Google

daſs dieser Schluſs nicht mit der Erfahrung übereinstimmt, daſs nämlich die Temperatur des Aequators niedriger ist, als sie jene Formeln geben. Dieſs kann als ein indirecter Beweis angesehen werden, daſs der thermische Aequator auf die nördliche Erdhälfte fällt, und bei der Aequatorialprojection der thermischen Vertheilung könnte man die Temperatur eines Ortes nach seiner Entfernung von diesem bestimmen.

Aber der Gegensatz zwischen fest und flüssig auf der nördlichen und südlichen Erdhälfte ist nicht für alle Meridiane gleich. Da nun auf das Heraufziehen des thermischen Aequators das Festland in der Nähe desselben den entschiedensten Einfluſs äuſsert, so wird Südamerika eher hemmend wirken, entschieden hingegen Afrika, dessen gröſsere Breite unmittelbar nördlich über dem Aequator liegt. Der thermische Aequator wird also in Afrika höher liegen als in Amerika.

Ein breites Continent in der nördlichen Hälfte der heiſsen Zone selbst, nahe dem Aequator, würde demnach die Gegend der Windstillen an eine höhere Breite fixiren, ohne die Verrückung derselben in den Jahreszeiten sehr zu befördern; in unserer Figur wird $abcd$ nördlicher fallen, ohne daſs der Unterschied zwischen $a'b'c'd'$ und $a''b''c''d''$ dadurch gröſser wird.

Liegt hingegen das Continent an der nördlichen Grenze der heiſsen Zone, so wird von einer mittleren Lage $abcd$ der Gegend der Windstille gar nicht mehr die Rede seyn, der Unterschied von $a'b'c'd'$ und $a''b''c''d''$ in den Jahreszeiten hingegen sehr groſs seyn. Moussons entstehen nur, wenn dieser Unterschied sehr groſs ist, daſs $a'b'c'd'$ in der einen Hälfte des Jahres nördlich vom Beobachtungsorte, $a''b''c''d''$ in der andern Hälfte südlich liegt. Bezeichnet O den Ort, so erhalten wir folgendes Schema.

$$\text{Sommer}\quad \left.\begin{matrix} a'\ b' \\ c'\ d' \\ \text{O} \end{matrix}\right\}\ \text{südlicher Mousson.}$$

innerhalb der täglichen Periode intermittirend. Der bei der von N. nach S. sich erstreckenden Küste vorbeiwehende Passat wird nämlich, wenn das Land am Tage wärmer wird, nach dem Lande hingezogen, ohne in der Nacht diese Ablenkung zu erfahren. Die Land- und Seewinde hingegen sind alternirend in der täglichen Periode. Eben so kann längere Zeit hindurch eine solche Seitenablenkung des Passats dauern, und dadurch eine Art Moussons entstehen. Sie unterscheiden sich von den eigentlichen Moussons dadurch, daſs die abwechselnden Winde nicht entgegengesetzte Richtung haben, sondern einen mehr oder weniger stumpfen Winkel mit einander machen. Durch eine constante Seitenablenkung des Passats kann zwischen dem abgelenkten und dem ungestörten Passat eine windstille Gegend entstehen, welche alle Eigenschaften der Gegend der Windstillen hat. Das bekannteste Beispiel ist die *Regen-* oder *Donnersee* bei Guinea, welche auf den Karten von Halley, Dampier, Muschenbroek angegeben ist. Eine ähnliche Stelle scheint zwischen Mexico und dem Gallopagos zu liegen. Hauptquelle über alle diese Erscheinungen ist Dampier *), der mit der ihm eigenen Klarheit in dem Gewirre von Thatsachen die allgemeinen Bedingungen herausgehoben hat.

Zur Vergleichung der für die Moussons abgeleiteten Bestimmungen mit der Erfahrung werde ich nun die vorzüglichsten Beobachtungen über die Indischen Moussons zusammenstellen.

Halley **) beschreibt sie p. 158.: Zwischen 10° und 30° S. Br., zwischen Madagascar und Neu-Holland, findet man den allgemeinen Passat SO. bei O. das ganze

*) *A discours of Winds, Breezes, Storms, Tides and Currents.*

**) *An historical Account of the Trade Winds and Monsoons, observable in the Seas between and near the Tropicks, with an attempt to assign the Physical cause of the said Winds. Phil. Trans.* 1686, *p.* 158.

Digitized by Google

nur schwächer und mehr östlich, wenn die Sonne höher steht, und dann mit Niederschlag.

3) Die subtropischen Zonen, wenn die Sonne am niedrigsten steht mit Winterregen bei herabkommenden Westwinden, wenn sie am höchsten steht ohne Niederschlag im Passat.

Die erste Zone ist sehr schmal, und findet vielleicht in ihrer ungestörten Eigenthümlichkeit nirgends statt. Die zweite nördliche liegt im Atlantischen Ocean zwischen 15° und 24° N. Br. Die dritte zwischen 24° und 32°.

Aus dem Ineinandergreifen der Gegend der Windstillen und der Zone constanter Passate entstehen nun zwei Klassen von Winden.

1) *Intermittirende,* wenn ein Passat im Jahre mit der Zeit der Windstillen abwechselt, also eine constante Windesrichtung eine Zeit lang unterbrochen wird ohne entgegengesetzten Wind. Die Zeit des Intermittirens ist die Regenzeit, die Zeit der Wolken, wie sie die Indianer nennen im Gegensatz der Zeit der Sonnen, wo der Passat herrscht; durch Hrn. v. Humboldt näher beschrieben *Ann. de chim. et phys. T. VIII. p.* 179.

2) *Alternirende,* wenn beide Passate mit einander wechseln; das erste Beispiel derselben sind die *West-Moussons der Linie*, wie sie die Guineafahrer nennen. Durch die Lage von Ober-Guinea wird nämlich der Passat so heraufgezogen, dafs vom Juni bis September regenbringende SW. und WSW. bis zu den Capverdischen Inseln heraufwehen. Die reine Darstellung der Erscheinung sind die indischen Moussons.

Bisher habe ich nur die Modificationen des Passats durch den Gegensatz von fest und flüssig in Nord und Süd betrachtet. Dieser Gegensatz in O. und West gelegen, giebt nun die zahlreichen Seitenablenkungen des Passats, die sogenannten *Küstenwinde.* Diese sind häufig

Digitized by Google

del, und die beiden letzten Monate des südlichen auf der See von China sind sehr stürmisch. Die Heftigkeit dieser Stürme ist so groſs, daſs sie von der Art der »West-India Huricanes« zu seyn scheinen.

Diese Stürme nennen die Seeleute das Ausbrechen des Mousson.

Eine nähere Beschreibung dieser Zwischenperiode giebt Capper *): »An der Küste von Coromandel, zwischen dem Aufhören des einen Moussons und dem Anfange des andern, sind die Winde veränderlich, theilnehmend an beiden. Oft sind Windstillen den ganzen September hindurch bis in den October hinein. Beginnt die Sonne von Süd her sich dem Zenith wieder zu nähern, so verliert der NO. Mousson seine Kraft, und dann wechseln täglich Land- und Seewinde, welches zu Anfang desselben nicht stattfindet **). Dabei scheint der Wind an der Küste regelmäſsig dem Laufe der Sonne zu folgen, indem er in 24 Stunden durch den ganzen Compaſs hindurchgeht. Die heftigen Stürme finden nicht bei dem Ausbruch des Moussons statt, sondern einige Zeit nach demselben.« Auſser bei Capper finden sich auch bei Horsburgh ***) Beschreibungen ihrer furchtbaren Wirkung; auf der Chinesischen See heiſsen sie Ty-Foong's »groſse Winde.« Es sind locale Erscheinungen in der Nähe der Küsten, die, wie fast alle heftige Stürme tropischer Gegenden, gegen die herrschende Windesrichtung wehen, und daher, wo sie andringen, einen Wirbel erzeugen. Vom Juli bis zum September erscheinen sie gegen den

*) *Observations on the Winds and Monsoons. London* 1801. *p.* 42.

**) Dalrymple's allgemeiner Satz, *Phil. Trans.* 1806, *p.* 255.: Innerhalb der Tropen bewirkt der nach der Küste wehende Mousson regniges Wetter, wenn er vom Lande her weht Land- und Seewinde, scheint einer Einschränkung zu bedürfen.

***) *India Directory, II. p.* 233.

Digitized by Google

SW. Mousson, nahe der Küste ist die Drehung NW., N., NO., O., SO., S., 2° bis 3° von der Küste entfernt gerade entgegengesetzt N., NW., W., SW., S., während der Barometer fällt, dessen tägliche Veränderungen *) während der Regenzeit an den Küsten verdeckt werden, obgleich sie in einiger Entfernung auf der See ungestört fortdauern.

Der Unterschied zwischen den Moussons nördlich von der Linie und denen südlich von ihr besteht, nach Dampier **), darin, daſs wenn der West-Mousson einsetzt nördlich von der Linie, SSW. Winde südlich von ihr anfangen, welche der SSW. Mousson heiſsen; und im September, wenn der Ost-Mousson nördlich von der Linie einsetzt, wehen in südlicher Breite NNO. Winde und heiſsen NNO. Mousson. Während der West-Mousson in nördlicher Breite von Regen und Tornados begleitet ist, ist schön Wetter beim SSW. Mousson, welcher zu derselben Zeit in südlicher Breite weht. Der Ost-Mousson nördlich hat schönes Wetter, während schlechtes Wetter und Tornados den NNO. im Süden begleiten. Stürme erwartet man an der Küste Coromandel im April und September (Dampier nennt sie Mousson, und unterscheidet die periodischen Moussons von ihnen durch die Vorsilbe Ost und West), welches die Monate sind, wo die Winde in die entgegengesetzte Richtung umsetzen. An der Malabar-Küste sind sie häufiger während der ganzen Zeit des West-Mousson. Der Ost-Mousson bricht aber mit einem furchtbaren Sturm aus, den die Portugiesen Elephanta nennen.

Nach Horsburgh ist die äuſserste östliche Grenze der Erscheinung der Moussons 145° O. L. bei den Marianen-Inseln, October und Mai die Wendemonate für

*) *Phil. Trans.* 1805, *p.* 178.

**) *Discourse of Winds, ch.* 3 *of the coasting Trade-Winds that shift, ch.* 4 *of storms.*

Digitized by Google

SW. und NO. Mousson nördlich von der Linie, April und October für den NW. und SO. Mousson südlich von der Linie, die nördliche Grenze des letzteren 2° N. Br., die südliche 10° bis 12° S. Br. Das ganze Werk enthält eine reiche Sammlung einzelner Beobachtungen, mannigfache Einzelnheiten auch Romme *).

Die Erscheinung der Moussons zieht sich zwischen Madagascar und der Ostküste von Afrika am weitesten südlich herab **). Der NO. Mousson beginnt bei den Comoro-Inseln 10° S. Br. im November, also später als an der Malabar-Küste, und erstreckt sich bis zum Cap Corientes, also bis zum Wendekreis des Steinbocks. Der SW. Mousson beginnt im April und dauert bis November, und zwar ist im Canal von Mosambique beim SW. Mousson klares Wetter, bei dem NO. regniges. Während des Uebergangs beider in einander im November wechseln täglich Land- und Seewinde. Küstenwinde scheinen diesen Mousson mannigfach zu modificiren.

Durch die Gesammtheit dieser Beobachtungen scheint mir erwiesen, daſs zwischen den SW. Winden an den äuſseren Grenzen des NO. Passat im Atlantischen Ocean und denen im Indischen Ocean ein wesentlicher Unterschied stattfindet. Jene erscheinen im Winter, diese im Sommer, jene werden südlich durch NO. Winde begrenzt, diese durch SO. Nach der Halley'schen Theorie derselben, welcher Muschenbroek, Capper, Hube, Horsburgh gefolgt sind, sind dieſs untere Luftströme, nicht von Oben herabkommende, wie Halley es von jenen vermuthete und Hr. v. Buch bewiesen hat. Aber eine Schwierigkeit bleibt bei dieser Theorie, welche auch Halley gefühlt hat, warum ist diese Erscheinung in dem Atlantischen Ocean so verschieden von dem in dem Indischen? Auſserdem aber, daſs Neu-Holland im Win-

*) *Tableau des vents et marées.*

**) Capper, p. 69.

ter herabziehend auf die Erscheinung wirkt, kann diese Schwierigkeit, glaube ich, durch die schöne Bemerkung des Hrn. v. Buch beseitigt werden, daſs die meteorologischen Veränderungen das Himalaya-Gebirge gar nicht übersteigen *), daſs jenseits dieses Gebirges ein ganz neues meteorologisches System anfange. Nach den früher entwickelten Gründen glaube ich nämlich, muſs man nicht fragen, warum im Atlantischen Ocean und im stillen Meere die Veränderungen nicht so bedeutend sind, wie im Indischen, sondern warum sie hier nicht so unbedeutend sind, wie dort. Hemmt nun das Hochland Asiens den Zufluſs der nördlichen Luftströme, so tritt dem von unten heraufdrängenden Passat kein anderer Luftstrom entgegen, als die Luftmasse zwischen der Gegend der Windstillen und jenen hohen Gebirgen Die bei südlicher Declination der Sonne nach dem Aequator von Norden strömende Luft bildet einen senkrechten Kreislauf. Bei dem Heraufrücken der Sonne wird die in ihm sich bewegende Luftmasse immer mehr vermindert, endlich vermag sie dem SO. nicht zu widerstehen, und der Kreislauf beginnt gerade in der entgegengesetzten Richtung. Ich glaube daher, daſs die nördlichen Moussons herabkommen. Capper sagt, p. 173.: es ist eine allgemeine Annahme, daſs der NO. Mousson in jedem Theile von Indien in der Nähe der Gebirge anfängt. Aber wenn es von oben herabkommende Luftströme wären, so sollte man meinen, daſs sie bei ihrem Anfange heiſs seyn müſs-

*) Während, wie die Beobachtungen von Madras (vollständiger als die von Heyne findet man in Capper, p. 173.), verglichen mit denen von Seringapatam und Bungalore, und den vom Plateau Khatmandu, eine rasche Abnahme der periodischen Veränderungen des Barometers mit der Höhe zeigen, findet in der gemäſsigten Zone gerade das Umgekehrte statt, nämlich eine periodische Veränderung mit steigender Wärme, entschiedener in der Höhe als in der Ebene, wie die 10jährigen Mittel der Bernhardbeobachtungen zeigen.

... SW. Monsun nördlich von der Linie, Ap...
... für den SW. und SO. Monsun südli...
... die nördliche Grenze des letzteren ...
... 10° bis 22° S. Br. Das gan...
... eine Sammlung einzelner Beobac...
... Bemerkungen nach Romme*).
... der Monsune zieht sich zwisch...
... der Ostküste von Afrika am weitest...
... Der NO. Monsun beginnt bei d...
... 10° S. Br. im November, also später a...
... und erstreckt sich bis zum C...
... Wendekreise des Steinbocks. D...
... beginnt im Juni und dauert bis Noven...
... im Canal von Mozambique beim SW...
... Wetter, bei dem NO. regniges. Währen...
... einander im November wecl...
... und Seewinde. Küstenwinde sche...
... Monsun mannichfach zu modificiren.
... die Gesammtheit dieser Beobachtungen schei...
... dass zwischen den SW. Winden an de...
... des NO. Passat im Atlantischen Ocea...
... im indischen Ocean ein wesentlicher Unter...
... Jene erscheinen im Winter, diese in...
... werden südlich durch NO. Winde begrenzt...
... Nach der Halley'schen Theorie der...
... Musschenbroek, Capper, Hube,...
... sind, sind diese untere Luftströme,...
... herabkommende, wie Halley es von...
... und Hr. v. Buch bewiesen hat. Aber...
... bleibt bei dieser Theorie, welche auch...
... hat, warum ist diese Erscheinung in dem...
... Ocean so verschieden von dem in dem In-...
... Außerdem aber, daſs Neu-Holland im Win-

* ... vents et marées.
... p. 63.

Digitized by Google

ter herabziehend auf die Erscheinung wirkt, kann diese Schwierigkeit, glaube ich, durch die schöne Bemerkung des Hrn. v. Buch beseitigt werden, daſs die meteorologischen Veränderungen das Himalaya-Gebirge gar nicht übersteigen *), daſs jenseits dieses Gebirges ein ganz neues meteorologisches System anfange. Nach den früher entwickelten Gründen glaube ich nämlich, muſs man nicht fragen, warum im Atlantischen Ocean und im stillen Meere die Veränderungen nicht so bedeutend sind, wie im Indischen, sondern warum sie hier nicht so unbedeutend sind, wie dort. Hemmt nun das Hochland Asiens den Zufluſs der nördlichen Luftströme, so tritt dem von unten heraufdrängenden Passat kein anderer Luftstrom entgegen, als die Luftmasse zwischen der Gegend der Windstillen und jenen hohen Gebirgen. Die bei südlicher Declination der Sonne nach dem Aequator von Norden strömende Luft bildet einen senkrechten Kreislauf. Bei dem Heraufrücken der Sonne wird die in ihm sich bewegende Luftmasse immer mehr vermindert, endlich vermag sie dem SO. nicht zu widerstehen, und der Kreislauf beginnt gerade in der entgegengesetzten Richtung. Ich glaube daher, daſs die nördlichen Moussons herabkommen. **Capper** sagt, p. 173.: es ist eine allgemeine Annahme, daſs der NO. Mousson in jedem Theile von Indien in der Nähe der Gebirge anfängt. Aber wenn es von oben herabkommende Luftströme wären, so sollte man meinen, daſs sie bei ihrem Anfange heiſs seyn müſs-

*) Während, wie die Beobachtungen von Madras (vollständiger als die von **Heyne** findet man in **Capper**, p. 173.), verglichen mit denen von Seringapatam und Bungalore, und den vom Plateau Khatmandu, eine rasche Abnahme der periodischen Veränderungen des Barometers mit der Höhe zeigen, findet in der gemäſsigten Zone gerade das Umgekehrte statt, nämlich eine periodische Veränderung mit steigender Wärme, entschiedener in der Höhe als in der Ebene, wie die 10jährigen Mittel der Bernhardbeobachtungen zeigen.

ten. »Woher kommt es, fragt **Heyne** *), daſs die Landwinde so heiſs sind? die Antwort, weil sie über eine weite Landstrecke wehen, kann nicht genügen, denn keine Zaara ist es, sondern ein gebirgiges, bebautes Land. Oftmals hat man beobachtet, daſs an der Mündung der Thäler sie heiſser sind, als irgend wo anders.«

Sollte in dem Herabkommen der nördlichen Moussons nicht ein neuer Erklärungsgrund für die merkwürdige Erscheinung liegen, daſs diese auf der Nordseite der Gebirge mit den heftigsten Niederschlägen begleitet sind, sollte dadurch nicht das Herabziehen der Schneegrenze auf der Südseite des Himalaya noch näher motivirt werden.

Anmerkung. Daſs der Uebergang der Moussons in einander durch eine Drehung geschehe, scheint nach der Analogie mit den täglichen Land- und Seewinden zu folgen; ich fand es für Calcutta, bei den Passaten findet es theilweise statt. Wenn ein SW. Wind einen NW. verdrängt, so wird diese Drehung S., O., N. seyn. In Europa siegt, wenn SW. und NW. lange mit einander kämpfen (eine Erscheinung, die ich zurückspringende Wirbel nannte, die vents par rafales der Franzosen), endlich, wie ich bewiesen habe, immer der NW., und wird, nachdem er den SW. zur Seite gedrängt hat, NO. Die Drehung ist also dort die Umgekehrte. Durch die Beobachtungen in Calcutta (dies. Ann. Bd. XIII. S. 589.) wollte ich zeigen, daſs, weil ich im Mittel einen südlichen Strom fand, diese mit einem NW. Strom zusammentreffen müsse, eben weil die Drehung S., W., N. sich zeigte, denn ich hielt es für nothwendig, daſs, wenn man annimmt, daſs an der Grenze des NO. Passat SW. herabkomme, dieſs nicht überall stattfinden könne, weil doch die nach dem Aequator strömende Luft einen Zufluſs haben muſs. Einander durchsetzende Winde kann es nicht geben, denn,

*) *Statistical Fragments on the Carnatic.*

wenn auch tönende Schwingungen einander ungestört durchkreuzen, so gilt dieſs doch keinesweges von bewegten Luftmaſsen. Die Drehung sollte also ein Beweis seyn, daſs zwischen den SW. Winden an den ostasiatischen Küsten und den SW. Winden, welche im Mittel über dem Atlantischen Ocean und Westeuropa herrschen, auch im Mittel ein nördlicher Strom herrschen müsse, als dessen südliches Vorkommen ich den NW. oder N. ansah, welcher durch den SW. Mousson im Sommer zur Seite gedrängt wurde. Jene Stelle ist nun (dies. Annal. Bd. XIV. S. 551.) so verstanden worden, als wenn ich die 1 bis 20 Tage dauernden Drehungen in Europa in unmittelbare Verbindung brächte mit der 1 Jahr dauernden Veränderung der Moussons. Die Stelle selbst kann aber nicht so verstanden werden. Sie ist: »Bei den Seemoussons zeigt sich die der europäischen entgegengesetzte Drehung entschieden. Auſserdem ist hier im Mittel ein entschieden südlicher Strom. Eben so werden unter den Tropen zwischen Amerika und Afrika die einander ablösenden Passate eine ganze Drehung oder zwei halbe erzeugen müssen. Aus den Beobachtungen von Boussingault muſs sich dieſs bestimmen lassen, denn einjährige Beobachtungen in Bogota zeigen im Gange der barometrischen Mittel deutlich eine periodische Veränderung.«

Digitized by Google

II. *Verzeichniſs von Erdbeben, vulcanischen Ausbrüchen und merkwürdigen meteorischen Erscheinungen seit dem Jahre* 1821; *von K. E. A. v. Hoff.*

Sechste Abtheilung.

(Die fünfte Abtheilung findet man, nebst der Nachweisung zu den früheren, im Bd. 94. S. 38.)

1827.

Januar 1. (*à l'heure du diner*). *Mortagne, Frankreich, Dep. de l'Orne*, ein heftiger Erdstoſs, von kurzer Dauer und von unterirdischem Getöse begleitet. Schornsteine und Geräthe fielen um. Das Wetter war trüb und stürmisch. Auch zu *Alençon* wurde der Stoſs empfunden. — *Annales de Chimie et de Phys. Tom. XXXVI. p.* 396. — *The philosoph. Magaz. New. Ser. Vol. III. p.* 396. — Irrig wird der Ort *Montargis* genannt in Kastner's Archiv, Bd. 14. S. 192.

— — Erdbeben in der *Krym*. — Kastner's Archiv, Bd. 14. S. 244.

Januar vom 4. bis 12. Auffallende Witterungsereignisse durch ganz Teutschland. Ein ganz ungewöhnlich starker Schneefall, in Salzburg u. s. w. schon am 4. und 5.; dort richten Lawinen groſse Zerstörungen an in *Taxenbach, Eschenau, St. Veit, Heissenfelding, St. Johann.* — Während eines groſsen Theils des Monats ähnliche Ereignisse in den Oestreichischen, Tyroler und Schweizer Alpen, zu *Leuk* u. s. w. Auch Gewitter, am 4. zu *Trient*, am 9. zu *Elberfeld*, am 10. zu *Travemünde*, am 12. zu *Pesth.* Hagel und zündende Blitzschläge dabei. — Viele Zeitungsnachrichten.

Digitized by Google

1827.

Januar 14. Bei *Wagstadt* in *Schlesien* eine Erderschütterung, nach welcher ein Stück Landes, ungefähr 3000 Quadratklaftern groſs, um sieben Fuſs tief sank. — Gothaische Zeitung 1827, No. 35.

Januar vom 14. bis 17. Heftige Stürme in *England*, *Holland*, *Teutschland*, *Preuſsen*. Der am 14. tobte vom Abend an an den Niederländischen Küsten von *Seeland* bis *Gröningen*, beschädigte die Dämme, entmastete das Linienschiff Waterloo, und zernichtete das so wie dieses mit Truppen angefüllte und nach Batavia bestimmte Linienschiff Wassenaer von 74 Kanonen. Die Küsten von *Ostfriesland* wurden ebenfalls hart betroffen. In *Kopenhagen* wüthete der Sturm mit Blitz und Donner bis Mitternacht. Das Barometer zeigte dort den seit 50 Jahren niedrigsten Stand mit 26″ 4‴,23, und stieg am folgenden Morgen um 11‴. Gleichzeitig wüthete der Sturm mit Gewitter auf dem *Taunus*, in *Frankfurt am Main*, in *Friedberg*, auf dem *Rhöngebirg*, zu *Brückenale*, im *Spessart*, von Schnee und Hagel begleitet. In der Gegend von *Breslau* deckte er Dächer ab und warf Mühlen um. — Noch in der Nacht vom 16. zum 17. trafen heftige Stürme das mittlere Teutschland. — Kastner's Archiv, Bd. 13. S. 73. und Bd. 14. S. 192.

Januar, in der Mitte des Monats. *Calcutta*, *Bengalen*, Erdbeben. — Hamburg. Corresp. 1827, No. 94.

Februar 1., kurz vor 5. Uhr Ab. In der Neapolitanischen Provinz *Basilicata*, in einem District bei der Stadt *Tito*, ein heftiger verticaler Erdstoſs, auf welchen eine wellenförmige Bewegung von N. nach S. folgte, die über 20 Secunden dauerte. In Zwischenräumen von zwei halben Stunden folgten darauf noch zwei Erschütterungen. In *Tito* stürzten 60 Häuser ein, viele andere wurden beschädigt. Auch *Potenza* leidet beträchtlich davon. In *Neapel* werden um dieselben Zei-

Digitized by Google

1827.

ten zwei leichte wellenförmige Bewegungen von West nach Ost empfunden, auch in *Avellino*. — Nach bedeutender Kälte war am 29. Januar auffallend laue Temperatur der Luft eingetreten, bei welcher das Erdbeben erfolgte. In den nächstfolgenden Tagen empfand man an denselben Orten noch mehrere Erschütterungen. — v. Schönberg in Kastner's Archiv, Bd. 14. S. 324.

Februar 9., 7 Uhr Ab. Im nordwestlichen Theile von *Wales* und der Insel *Anglesea* Erderschütterungen, von 40 Secunden bis 1 Minute Dauer. Sie warfen einige Geräthe um; dabei das gewöhnliche Getöse, wie Rollen eines beladenen Wagens auf Steinpflaster. — *The philosoph. Mag. New. Ser. Vol. III. p.* 463. — *Annales de chim. T. XXXVI. p.* 347.

Februar 9. bis 10. In der Nacht richtet bei *Barcelona* ein Orcan groſse Verwüstungen an. Mehr als vierzig Schiffe werden zertrümmert. — Gothaische Zeitung 1827, No. 35.

Februar 11. Wird zu *Tito*, in der Neapolitanischen Provinz *Basilicata*, wieder ein heftiger Erdstoſs empfunden. — Kastner's Archiv, Bd. 14. S, 324.

Febr. 13. *Island.* Am *Skeideraa Jökul* soll ein vulkanischer Ausbruch erfolgt seyn. — *Annal. de Chimie. T. XXXVI. p.* 418. — Leonhard, Zeitschrift 1828, Bd. 1. S. 53.

Febr. 18., 7¼ U. M. Zu *Aquila* und *Teramo* in Neapel Erderschütterungen ohne Schaden. — v. Schönberg, in Kastner's Archiv, Bd. 14. S. 326.

März 6. Heftiger Sturm zu *St. Petersburg*, der die Eisdecke der Newa sprengt und das Wasser um vier Fuſs hebt. — Kastner's Archiv, Bd. 14. S. 204.

März, Mitte. *Livorno*, acht Tage nach einander von Zeit zu Zeit leichte Erderschütterungen von SO. nach

Digitized by Google

W. gerichtet. Sie werden auch in *Sinigaglia* empfunden. — Kastner's Archiv, Bd. 14. S. 326.

März 17. bis 22. Weit verbreitete Stürme. — Am 17. in der Mündung der *Elbe* und auf dem See von *Neufchatel.* — Am 18. in der Gegend von *Mainz.* — Am 21. zu *Rostow* am *Don*, mit Austreten des Flusses begleitet. — Am 22. an den nordöstlichen Küsten des *Adriatischen Meeres* und in *Schlesien.* — Kastner's Archiv, Bd. 14. S. 204.

April 1., 1 U. M. *Venedig*, drei Schwingungen eines leichten Erdbebens. — Allgem. Zeit. 1827, No. 107. S. 408.

— — zwischen 11 U. Ab. und Mitternacht. *Appenzell*, Erdbeben in drei Bewegungen. Sie wurden zu gleicher Zeit im *Engadin*, in *Trient* und in *Venedig* gefühlt. — Verhandlungen der allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissensch. — daraus in Kastner's Archiv, Bd. 15. S. 140. — Offenbar dieselbe Erscheinung, die in der vorhergehenden Nachricht für Venedig, aber nach einer irrig angegebenen Tagesstunde, angeführt wird.

— 2., 1 U. 20′ Morg. *Bevers* im *Ober-Engadin.* Erdbeben, aus zwei auf einander folgenden Stöſsen bestehend. Es soll das zwanzigste gewesen seyn, das an diesem Orte während des verflossenen Winters gefühlt worden ist. — Hamburger Correspondent 1827, No. 74. — *The Philosoph. Mag. New Ser. Vol. III. p.* 463. — Die Bemerkung von den zu *Bevers* wiederholt empfundenen Erdstöſsen läſst ungewiſs, ob das hier erwähnte nicht vielleicht ebenfalls das gleichzeitige mit dem von Venedig und Appenzell seyn soll.

— 11. Inseln *Ponza* und *Ischia*, *Tyrrhener Meer.* Heftige Erderschütterungen, in der Richtung von der erstgenannten Insel nach der zweiten. — Froriep's Notizen, No. 496. (Bd. 23. No. 12.) nach Covelli.

Digitized by Google

1827.

April 17. *Venedig*, eine leichte Erderschütterung. — Hamburg. Corresp. 1827, No. 77.

— 18., 2 U. 20′ Ab. *Trieste*, zwei Erdstöſse von der Dauer einiger Secunden. Die Schwingung ging von N. nach S., und die an der Meeresküste liegenden Gebäude empfanden sie stärker als die davon weiter entfernten. — Gothaische Zeit. 1827, No. 73.

Mai 29. *Vajaca*, *Mexico*, zwei leichte Erderschütterungen. — *The Philosoph. Mag. New Ser. Vol. III. p.* 463.

— 30., 7 U. 32′ Morg. *Lima*, *Peru*, Erdstöſse. — *Ann. de Chimie*, *T. XXXIX. p.* 406. und *T. XLII. p.* 407.

Junius 3., 2 U. Morg. *Martinique*, *Westindien*, eine leichte Erderschütterung. Zu gleicher Zeit regnete es dort zum ersten Male nach einer seit mehreren Monaten bestandenen Dürre. Der Regen kam indessen zu spät, um die miſslungene Erndte noch zu retten. Man erinnert sich keines ähnlichen Beispiels, daſs auf den Antillen in sechsundsechszig Tagen kein Regen gefallen wäre. — *The Philos. Mag. New. Ser. Vol. III. p.* 463. — Hertha, geogr. Zeit. Bd. 10. S. 105. und Bd. 12. S. 182.

— 12. *Teheuacan*, *Mexico*, 1½ U. (Morg. oder Ab.?), ein von fürchterlichem Getöse begleiteter Erdstoſs, der mehrere Gebäude beschädigt. — *The Philosoph. Mag. New. Ser. Vol. III. p.* 463.

— 16., 5 U. Morg. *Aquila*, *Neapel*, ein Erdstoſs. — *The Philosoph. Mag.* a. a. O.

— 21., 11 U. Morg. *Palermo*, vier heftige Erderschütterungen, in Zeit von 7 Secunden; schwankende Bewegung von W. nach O. — sie thun keinen Schaden. *The Philosoph. Mag.* a. a. O.

— 29. Zwanzig Lieues östlich von den *Azoren* fand die Goëlette *la Bonne Emma*, Capit. Le Sauvage,

Digitized by Google

1827.

vom Sénégal nach Havre gehend, einen Raum von 3 Lieues auf dem Meere mit vulcanischen Steinen (Bimsteinen?), Zuckerrohr, Stroh und Stücken Holz bedeckt. — *Annal. de Chim. T. XXXVI. p.* 418., citirt das *Journal du Havre* v. 20. Jul. 1827.

Junius — ohne Angabe des Tages. *Manilla, Luzon.* Ein Vulcan in der Provinz *Albay* fängt an auszuwerfen. Das Auswerfen dauerte im Februar 1828 noch fort, worauf auch Erdbeben auf der Insel erfolgten. — Der Freimüthige 1829, No. 54. S. 216.

Junius gegen das Ende, und Anfang Julius, Wolkenbrüche und groſse Ueberschwemmungen in *Süd-Frankreich*, der *Schweiz*, *Süd-Teutschland*, *Böhmen*, *Schlesien*, an der *Donau* und *Save*, und in *Unteritalien.*

Junius — oder Julius? *Tokat*, in der Stadthalterschaft *Sivas* in Kleinasien, wird von einem Erdbeben zum groſsen Theil zerstört; seine Verwüstungen erstrecken sich auch auf die umliegende Gegend. — Goth. Zeit. 1827, No. 134. — Kastner's Archiv, Bd. 14. S. 216.

Julius 5. *St. Jago, Chili*, leichte Erderschütterung. — *Annales de Chimie, T. XLII. p.* 407.

Julius 11. bis 13. Stürme zu *Stockholm*, durch das Baltische Meer bis *St. Petersburg.*

Julius 21., 5¾ U. Ab. *Martinique*, ein heftiger Erdstoſs. — Hertha, geogr. Zeit. Bd. 12. S. 182.

Julius 30., 3. U. M. Auf der Küste von *Nord-Carolina* ein fürchterlicher Orcan. — Columbus, December 1827, S. 195.

August 3. Abends wüthete auf dem *Zuger See* ein heftiger Sturm, von welchem man auf dem 2625 Fuſs höher liegenden *Gaisboden* nichts empfand. — Kastner's Archiv, Bd. 14. S. 215.

— 5., 10 U. 30′ Morg. *Martinique*, zwei starke Erdstöſse. — *Revue encyclop.* 1828, Febr. — *Monthly Magaz.* 1828, April, S. 429.

Digitized by Google

1827.

August 6., 10 U. Ab. und — 7., 1 U. M. } *New Albany* am *Ohio*, Canton *Floyd* des Staats *Indiana*, zwei Erdstöſse, der erste schwach, der zweite stärker, mit einer raschen Wallung der Erde, die über eine Minute anhielt. Auſser einer dadurch umgestürzten Schmiedewerkstatt erfolgten davon keine Beschädigungen. Es wird bemerkt, daſs dieſs das zweite Erdbeben in diesem Jahre dort gewesen sey, ohne Angabe des Zeitpunktes des ersten. — Columbus, Nov. 1827, S. 145.

— 8. *Kamtschatka.* In *Petropaulowsk* fiel Nachmittags aus einer Wolke, die man um 4 Uhr Morgens über dem erloschenen Vulkan *Awatscha* bemerkt hatte, ein heftiger Sandregen, auf den ein wirklicher Regen, jedoch mit feinem Staube vermischt, folgte. Vor Schwefeldunst konnte man es eine halbe Stunde lang dort fast nicht im Freien aushalten. Am folgenden Tage 3 Uhr Abends und am 10. August 7 U. Morg. wurde starkes Getöse gehört, und die Luft war von Wolken und Staub verdunkelt. Am Tage nachher war der Horizont wieder klar. Man glaubte der Berg *Awatscha* sey zusammengestürzt. — Leonhard, Zeitschrift 1828, Bd. 1. S. 491. — Bei dieser Nachricht waltet darüber Ungewiſsheit, ob sie wirklich in das Jahr 1827 gehört; auch hat nichts verlautet, ob die Vermuthung in Betreff des *Awatscha* bestätigt worden ist.

— 14., 2 U. Ab. *Palermo*, mehrere in schwankenden Bewegungen bestehende Erderschütterungen, die während ungefähr 18 Minuten in kurzen Zwischenräumen auf einander folgen. — *The Philos. Magaz. New. Ser. Vol. III. p.* 463.

— 17. Orcan auf den *Antillen.* Die Insel *St. Thomas* leidet sehr, noch mehr *Antigua* (wo seit 1772 ein solcher Orcan nicht gewesen war). *Guadeloupe*, *Martinique* und *Dominica* werden davon hart betroffen; *Bar-*

Digitized by Google

1827.

Barbados bleibt verschont. In der Nacht vom 18. traf er *Jamaica* auf der Süd-, Nord- und Ostseite, und wüthete den ganzen 19. Er kam aus Ost. — Columbus, Novemb. 1827, S. 136.

August 23., 10 U. Ab. *New London*, im Staate *Connecticut*, $16\frac{1}{2}$ Meile (engl.) von *New York*, Erdbeben von einem Getöse, ähnlich dem Rollen eines schweren Wagens auf gefrornem Boden, begleitet. 3 bis 4 Secunden nahm das Getöse zu, und eben so lange wieder ab. — Columbus, December 1827, S. 197.

September 18. *Lissabon*, ein leichter Erdstoſs. — *The Philosoph. Magaz. New Ser. Vol. III. p.* 463.

— 25., $5\frac{1}{2}$ U. Morg. *Martinique*, ein Erdstoſs. — *Revue encyclop.* 1828, Febr. — Hertha, geograph. Zeit. Bd. 12. S. 182.

September, der Tag ungewiſs, doch vor dem 26. *Ostindien.* Ein Erdbeben zerstört das Fort *Kolitaran* bei *Lahore*, gegen tausend Menschen sollen unter den Trümmern begraben worden seyn. Dieselbe Erschütterung soll einen Berg zertrümmert haben, der, in den Fluſs *Rowée* stürzend, eine Ueberschwemmung von hundert Coss Landes hervorgebracht haben soll. — *Moniteur* 1828, *No.* 55. *p.* 231., citirt *Gazette de Madras* v. 26. Sept. 1827. — *Ann. de Chim, T. XXXIX. p.* 406.

October 2., 4 U. Ab. *Martinique*, ein Erdstoſs. — *Revue encyclop.* 1828, Febr. — Hertha, geograph. Zeit. Bd. 12. S. 182.

— 10., 2 U. 48′ Ab. Zu *Zürich* und an dem ganzen Ufer des See's ein starker Erdstoſs. — *The Philosoph. Magaz. New Ser. Vol. III. p.* 463.

— 11., 8 U. Ab. Zu *Ismail*, *Tutschkow* und *Kischenew* in *Bessarabien*, zwei schnell auf einander folgende leichte Erderschütterungen. — Allgem. Zeitung 1827, No. 327. S. 1308.

1827.

October 14. oder 15., 8 U. 35′ Ab. *Jassy, Moldau,* zwei ziemlich heftige Erderschütterungen in wenigen Secunden auf einander folgend. Die Bewegung erfolgte horizontal in der Richtung von Nord nach Süd, und war von unterirdischem Getöse begleitet, that aber keinen Schaden. Vorher mehrere Tage sehr warme Luft, am 14. Mittags stand der Réaumur'sche Thermometer im Schatten +24°. — Allgemeine Zeitung 1827, No. 303. S. 1212. giebt den 14. — *The Philosoph. Mag. New Ser. Vol. III. p.* 463. und *Annales de Chim. T. XXXVI. p.* 398. geben den 15. an.

October 20., Mittag. *Tiflis, Georgien,* eine starke Erderschütterung in der Richtung von SO. nach NW., von dumpfem Getöse begleitet. — *Annales de Chimie, T. XXXIX. p.* 406.

— 21. bis 23. Ebendaselbst sechs starke Erdstöſse, deren einer Mauern zerreiſst. — Ferussac, *Bullet. des sc. natur. T. XIV. p.* 44.

— 30., 5 U. 20′ Morg. *Corsica,* in den Cantonen *Taravo, Taliano* und *Sartene* zwei Erderschütterungen. — *The Philos. Magaz. New Ser. Vol. III. p.* 463.

November 16. Heftiges und weit verbreitetes Erdbeben in *Columbia, Südamerika,* auf einer von Nordost nach Südwest gerichteten Linie, deren nordöstlichster Endpunkt die Gegend von *Sta Fé di Bogota,* und der südwestlichste die von *Pasto* war. Die ersten Stöſse erfolgten 6 Uhr, oder bald nach 6 Uhr Abends.

Der erste Stoſs kam sehr plötzlich und begleitet von einem rollenden Getöse, ihm folgte eine 40 bis 50 Secunden dauernde wellenförmige Bewegung des Bodens, und darauf folgte wieder ein kurzer und heftiger Stoſs. Die Art und Dauer der Bewegung machte, daſs sie zerstörender wirkte, als die heftigere im Januar 1826. In der Stadt *Bogota* war die Zerstörung sehr groſs, und um so gröſser, als die im J. 1826

1827.

schon sehr beschädigten Gebäude den neuen Erschütterungen nicht zu widerstehen vermochten. Es wurde bemerkt, und von dem Volke als Beweis eines besonderen göttlichen Schutzes betrachtet, daſs bei der sehr verbreiteten Zerstörung das Haus des Libertador Bolivar unversehrt geblieben war. Auf dem 15 geogr. Meilen langen Striche von *Bogota* bis *Ibague* soll keine Kirche, fast kein Haus unbeschädigt geblieben seyn. Eben so in *Neyva.* In *Popayan* — wo die Zeit des ersten Stoſses auf genau 6 Uhr angegeben wird — will man die wellenförmige Bewegung drei bis vier Minuten lang empfunden haben. Die Richtung derselben war von Südost nach Nordwest. Während der ganzen auf den 16. folgenden Nacht schien dort die Erde merklich bewegt, und mehr oder weniger lebhafte Stöſse erfolgten alle vierzig bis funfzig Minuten, bis zum 17. 5 Uhr Morgens. Um diese Stunde erfolgte ein Stoſs, noch heftiger als der vom vorhergegangenen Abende, und darauf eine fortdauernde Bewegung. Am 17. 11 Uhr 45′ Morgens wurden die Erschütterungen so lebhaft, daſs dadurch ein groſser Theil der Stadt zerstört wurde. Auf demselben Tage 5 Uhr Ab. erfolgte ein neuer Stoſs. Am 18. 4 Uhr 30 Min. Morgens empfand man den letzten (nach anderen Nachrichten soll die Erde bis zum 21. bewegt geblieben seyn), darauf fing der Vulkan von *Purace* an auszuwerfen; die Lava brach an der Ostseite seines Kegels aus, und groſse Spalten entstanden auf den anderen Seiten. Das schöne Dorf *Purace* (2650 Meter über der Meeresfläche) wurde ganz zerstört, und die Stadt *Popayan* hat früher keine ähnliche Zerstörung erlitten. Ob der Vulkan von *Pasto* ebenfalls einen Ausbruch gemacht hat, wie vermuthet worden ist, darüber habe ich keine bestätigende Nachricht gefunden. Auf dem alten Vulkan von *Tocaima,* und auf

Digitized by Google

1827.

den Bergen von *Sta Anna* in *Maraquito* und *Parama de Ruiz* will man vor und an dem Tage des Erdbebens dicke Dampfwolken geſehen haben.

Viele und zum Theil gröſsere Zerſtörungen, als unmittelbar durch die Erdſtöſse, wurden durch Austreten der Flüſse, *Magdalenenfluſs*, *Cauca* u. s, w., verurſacht; und dieſes Austreten, theils durch die heftigſten Regengüſse, welche zu gleicher Zeit fielen, theils durch Bergfälle und Einſtürzen der Fluſsufer. Ein ſolcher Einſturz geſchah am Berge *el Domna* und hemmte den Lauf des Magdalenenfluſſes, wodurch die Orte *Pitul*, *Gigante*, *Guagua* und *Villavieja* überſchwemmt und verwüſtet wurden. Der *Suazo*, ein oberhalb *Neyva* von Weſten her in den Magdalenenfluſs mündender Nebenfluſs, wurde durch einen ſolchen Einſturz in ſeinem Laufe ſo gehemmt, daſs das ausgetretene Waſſer das Dorf *Tinama* mit dem gröſsten Theile ſeiner Einwohner wegriſs. Aehnliche Bergfälle am *Guamacho und Parama* ſperrten die Landſtraſse von *Popayan* nach *la Plata*. Groſse Spalten in dem Boden entſtanden in mehreren Gegenden; in eine derſelben ſoll ſich der Fluſs *Tunza* geſtürzt haben.

Moniteur 1828, *No. XLIV. p.* 71., *No. LXXI. p.* 293. — Férussac, *Bull. des sc. nat. T. XVII. p.* 356. — *Annales de Chim. T. XXXIX. p.* 406., nach dem dort abgedruckten Briefe des Ingenieur Acosta, iſt der in der Stadt *Bogota* durch das Erdbeben angerichtete Schade nicht beträchtlich geweſen. — *The Philosoph. Mag. New Ser. Vol. IV. p.* 56. — Allgemeine Zeit. 1828, No. 58. S. 229., citirt die Zeitung von Bogota, *El Constitutionel.* — Die in einigen Blättern zu leſende Angabe, daſs das Erdbeben am 26. geweſen ſey, iſt irrig.

Die Erſtreckung der Linie von *Sta Fé di Bogota* bis *Pasto* beträgt ſiebenzig geographiſche Meilen,

Digitized by Google

1827.

und die von derselben am weitesten seitwärts entfernten Orte liegen ungefähr fünf solcher Meilen gegen Westen. Längs dieser Linie in Osten läuft der groſse Gebirgszug der Anden, der die Fluſsgebiete des *Maranhon* und *Orinoco* von dem des *Magdalenenflusses* scheidet. Es wird nicht berichtet, ob das Erdbeben auch östlich von dieser Bergkette empfunden worden ist; man bleibt daher ungewiſs darüber, ob dieselbe vielleicht die Ostgränze des erschütterten Landstrichs gebildet hat, oder ob der Mangel an Nachrichten darüber von der Ostseite bloſs daher rührt, daſs in dieser unwirthbaren Gegend sich wenige und wenigstens keine bedeutenden Ortschaften befinden. Völlig gleichzeitig mit diesem Erdbeben wurden

November 17., 9 Uhr Morg. zu *Ochotsk* starke Erderschütterungen während fünf bis sieben Minuten empfunden. — Bremer Zeitung 1828, Februar. — Daſs dieses Erdbeben mit dem in Columbien wirklich gleichzeitig war, ist leicht nachzuweisen. *Ochotzk* liegt (in runder Zahl) 140° westlich von *Sta Fé di Bogota,* hat also 9 Stunden 20 Minuten später Mittag als diese Stadt. Es war daher zur Zeit des Erdbebens in *Bogota* (6 Uhr Abends) in *Ochotzk* 8 U. 40 Min. Morgens, und zwar an demselben Tage. Nun könnte es zwar auf den ersten Blick scheinen, als verlege die Zeitbestimmung des 17. Novembers für Ochotsk die Begebenheit auf den folgenden Tag von der in Bogota. Allein dieses ist nicht der Fall, denn bedenkt man, daſs Ochotsk seinen Kalender von Westen und Bogota den seinigen von Osten her erhalten hat, und daſs daher Ochotsk in seiner Zeitrechnung Einen Tag vor Bogota voraus haben muſs, so wird man ganz natürlich und wahr finden, daſs der 17. in Ochotsk der 16. in Bogota war *). In Berlin (87° östlich von

*) Bei dieser Gelegenheit dringt sich auf's Neue der Wunsch auf,

Digitized by Google

Bogota) war der Zeitpunkt dieses Erdbebens am 16. 11 Uhr 48 Minuten Abends.

Ist hiernach die Gleichzeitigkeit der Erderschütterungen zu Ochotsk und Bogota, welche 1900 geogr. Meilen von einander entfernt liegen, getrennt durch Land und Meer, begründet, so gehört sie gewiſs zu den merkwürdigsten Erscheinungen. Interessant ist dabei, daſs die Richtung der Erdstöſse in Columbien von Südost nach Nordwest gefunden worden ist, und daſs diese Richtung gerade nach Sibirien hinweist. Nicht minder interessant ist, daſs die Linie von Columbien nach Sibirien die merkwürdige vulkanische Gegend von Mexico u. s. w. trifft, und der Amerika durchziehenden Hauptgebirgskette parallel ist. Welch ein in die Augen fallender Beweis dafür, daſs die Wirkungen der Erdbeben sich in linearer Richtung fortpflanzen, sey es in groſsen Spalten oder nach der Anordnung von Gebirgszügen, Gebirgslagern oder Felsarten! Und welch ein neuer auffallender Beweis für die groſse Tiefe, in welcher der Proceſs vorgehen muſs, der die Erdbeben hervorbringt! Es wäre wünschenswerth zu erfahren, ob man an keinem anderen auf jener Linie liegenden Orte in Mittelamerika gleichzeitig Bewegungen der Erde wahrgenommen hat?

November 21., 8 U. Morg. Im *Lauterbrunner* Thale des Cantons *Bern* ein starkes Erdbeben. — Kastner's Archiv, Bd. 14. S. 234.

— 30., 3 U. Morg. *Martinique*, *Guadeloupe*, *Marie galante*, *Antigoa*, *Haïti* eine heftige Erderschütterung von 30 bis 40 Secunden Dauer. Die Richtung war von Ost nach West. Nach andern Nachrichten soll diese von Süd nach Nord gewesen, und die Erschüt-

daſs man die Demarcations-Linie ausmitteln möge, auf welcher sich im groſsen Ocean die östliche und westliche Kalender-Rechnung begegnen.

Digitized by Google

1827.

terung auch auf Terrafirma empfunden worden seyn. An einigen Orten, wie auf *Guadeloupe*, ging derselben ein heftiger Windstoſs voraus. Auf *Martinique* soll der Stoſs senkrecht gewesen seyn, und Gebäude umgeworfen haben. Man will in der letztgenannten Colonie nie eine so starke Erschütterung empfunden haben, und sie soll auf den Antillen die zehnte binnen sechs Monaten gewesen seyn. — *Moniteur* 1828, *No.* 13. *p.* 51., *No.* 43. *p.* 169. — *Annal. de Chimie, T. XXXVI. p.* 398. — *Mouthly Magaz.* 1828, *April, p.* 429. — *Philos. Mag. New Ser. Vol. III. p.* 463. — Hertha, geogr. Zeit. Bd. 12. S. 183.

Der Stoſs wurde auch auf dem Meere von dem Schiffe *Le Martiniquois* von Nantes empfunden. Es befand sich 100 Lieues westlich von der Insel, in einer Gegend, wo die Karten Untiefen angeben. Auch alle Schiffe bei *Pointe à Pitre*, auf der Rhede von *St. Pierre* und auf der von *Fort Royal* empfanden denselben. — *Moniteur* 1828, *No.* 57. *p.* 238.

December 1., 10 U. Morg. und 5¼ U. Ab. Zu *Martinique* wieder zwei Erdstöſse. — Hertha, geogr. Zeit. Bd. 12. S. 183., citirt *Revue encycl.*

— 3. Erdstöſse in *Schweden*. — Kastner's Archiv, Bd. 14. S. 234.

— 8., 5 U. 20′ Morg. *Martinique*, ein Erdstoſs mit wellenförmiger Bewegung, wie auch bei dem am 1. December. Auf diesen, so wie auf einige der in den letzten Tagen vorher dort empfundenen Erdstöſse soll unmittelbar Regen gefolgt seyn. — Hertha, geograph. Zeit. Bd. 12. S. 183., citirt die *Revue encyclop.*

— 9. (27. Nov. alten Styls). Groſser Ausbruch des unterirdischen Feuers unweit *Baku* am Caspischen Meere. Dieser Ausbruch fand nicht auf der Halbinsel *Abscheron* in der Gegend statt, wo die bekannten unterirdischen Feuer der Guebern brennen, sondern ungefähr

Digitized by Google

1827.
30 Werst davon, und 12 bis 15 Werst nordwestlich von *Baku* bei dem Tatarischen Dorfe *Ukmali*. Die Gegend umher besteht aus Hügeln von einem graublauen plastischen Thon. Am Fuſse eines solchen Hügels erfolgte der Ausbruch. Das was man dort allenfalls den Krater nennen könnte, ist ein beinahe ovaler Raum, von etwa 300 Fuſs im gröſsten, und 250 im kleinsten Durchmesser. Dort hat die Oberfläche indessen keine Vertiefung, sondern sie bildet vielmehr eine groſse, flache, gegen drei Fuſs hohe Blase, die von vielen unter sich parallel laufenden Sprüngen durchzogen ist. Am Rande einiger dieser Spalten erscheint der Thon bis fast zur Härte der Backsteine gebrannt. Von dieser blasenförmigen Erhöhung laufen andere lange Spalten strahlenförmig aus, sie sind von zwei bis zu zehn Fuſs tief. Eine derselben verlängert sich über den Rücken der Hügel auf mehr als drei Werst weit. Erdstöſse, heftige Detonationen, und eine so bedeutende Wärme-Entwicklung, daſs die das Erstikken befürchtenden Einwohner von *Ukmali* ihre Wohnungen verlieſsen, gingen dem Feuerausbruche schon voraus, und begleiteten ihn. Der Ausbruch erfolgte 5 U. Abends. Eine breite Feuersäule erhob sich unter donnerähnlichem Getöse von der Erde bis zu 40 Fuſs hoch in die Luft; ihre Basis hatte gegen 150 Fuſs im Durchmesser. Das Feuer war roth und verbreitete keinen Geruch; hierin war es ganz verschieden von dem matt weiſslichen Feuer, das in den Tempeln der Guebern brennt und ein schwer zu athmendes Gas entwickelt. Drei Stunden lang brannte das Feuer in solcher Höhe, dann sank es bis zur Höhe von 1 Arschine herab, und so brannte es nach Einigen noch 27 Stunden, nach anderen Nachrichten vier Tage. Während des heftigsten Ausbruchs sollen auch Steine ausgeworfen worden seyn. Die, welche man dem Be-

Digitized by Google

1827,

richterstatter davon in Tiflis und in Baku gezeigt hat, waren ziemlich harter Thonschiefer, der in rhomboïdale Stücke theilbar und auf den Klüften mit einigen kalkartigen Krystallisationen besetzt war. Er versichert, dergleichen Steine auch am Orte des Ausbruchs gefunden zu haben. Von Lava und Asche aber fand man keine Spur. Auch Wasser soll sowohl während des Ausbruches, als noch mehrere Wochen nach demselben, auf der Stelle, wo dieser erfolgte, ausgeworfen worden seyn. In dieser Gegend soll ein ähnliches Phänomen sich früher nicht gezeigt haben. — Férussac, *Bull. des sc. nat. T. XIV. p.* 44. und *T. XVI. p.* 386. — Kastner's Archiv, Bd. 13. S. 233. — (*Ann. de Chim. et de Phys. T. XXXIX. p.* 425. giebt den 16. December, Leonhard's Zeitschr. 1828, Bd. 2. S. 929. den 25. December als Tag dieser Erscheinung an; beide Angaben beruhen wohl auf Irrthum.

December 13., 3½ U. Morg. *Lissabon*, Erderschütterung mit dumpfem Getöse, auf welche nach 6 Secunden noch zwei Erschütterungen folgen. Die Glocken auf dem St. Paulsthurm fingen von selbst an zu läuten und die Wände der Häuser krachten. Die Richtung des Erdbebens war von West nach Ost. Die Hunde sollen vorher geheult haben. — Allg. Zeitung 1828, *No.* 6. S. 21., citirt die Quotidienne. — An demselben Tage Nachmittags wurde in dem See bei *Salzungen* eine ungewöhnliche Bewegung bemerkt. — S. diese Annalen, Bd. 19. S. 460.

— 22., 2 und 3 U. Morg. Zwei Erdstöſse in der Richtung von West nach Ost. — Kastner's Arch. Bd. 14. S. 234.

tes Feld der Untersuchung zu eröffnen schien, so schickte ich mich an, sie bei allen metallischen Körpern, die ich mir verschaffen konnte, zu verfolgen; allein Amtsgeschäfte hinderten mich länger als einen Monat irgend etwas von Bedeutung in der Sache zu thun.

Am 6. März 1815 empfing ich einen Brief von Hrn. Biot, eine Geschäftssache betreffend; ich antwortete an demselben Tage, und theilte ihm darin zugleich die erwähnte Entdeckung mit *). Unmittelbar darauf empfing ich zwei Paare ausgezeichnet schöner Silberplatten, polirt das eine durch Schleifen, das andere durch Hämmern, ferner zwei Paare Goldplatten, eines von Juweliergold, das andere von feinem Gold, nebst Platten von Stahl, Platin, Palladium, Kupfer, Messing und Spiegelmetall. Mit Hülfe dieser Platten erhielt ich, aufser anderen Ergebnissen, deren Anführung hier überflüssig seyn würde, das Resultat, dafs eine Metallfläche durch einzige Reflexion dieselbe Wirkung auf polarisirtes Licht ausübt, wie ein krystallisirter Körper von einer gewissen Dicke.

Hr. Biot scheint, sogleich nach empfangener Nachricht von meiner Entdeckung, an dieselbe Untersuchung gegangen zu seyn. Begünstigt durch die Mufse eines Academikers und den herrlichen Apparat, den ihm das Institut verliehen hatte, erhielt er viele der Resultate, zu denen ich gelangt war, und andere, auf welche ich keinen Anspruch hatte. Am 29. März sandte er mir durch den Dr. Wollaston einen offenen Brief, welcher einen Abrifs seiner Versuche enthielt, und zugleich die Hoffnung aussprach, dafs diese mir bei meinen Untersuchungen von Nutzen seyn würden.

Obgleich dieser Ausspruch mich glauben liefs, dafs ich das Vorrecht der ersten Bekanntmachung meiner eige-

*) In der *Geschichte der Optik* (*Edinb. Encyclopaedia, Vol. XV. p* 493. Note) ist angegeben, dafs ich diese Entdeckung an demselben Tage, an dem ich sie machte, Hrn. Biot mittheilte. Diefs ist ein Irrthum; es geschah erst einen Monat hernach.

Digitized by Google

nen Entdeckung genieſsen sollte, so traf ich doch die Vorsicht, alle meine Aufsätze über den Gegenstand von dem Schatzmeister der Königlichen Gesellschaft in Edinburg signiren zu lassen, und ging darauf mit neuem Eifer an die weitere Untersuchung des Gegenstandes. Bald erfuhr ich indeſs von Hrn. Biot, daſs er gemeint sey, den Gegenstand in seinem *Traité de Physique* abzuhandeln; und obgleich ich gegen eine solche Verletzung der Höflichkeit Vorstellungen machte, so hatte ich doch die Kränkung, die Entdeckung, auf welche ich vielleicht zu vielen Werth legte, zuerst in einem fremden Werk bekannt gemacht zu sehen.

Ich hoffe, die Gesellschaft wird diese Details entschuldigen, als eine nothwendige Apologie für die so lang verschobene Erfüllung des mehr als einmal in ihren *Transactions* gemachten Versprechens, ihr einen Bericht von diesen Versuchen mitzutheilen *). Die angegebenen Gründe wurden in der Folge durch neue Untersuchungen verstärkt; denn diese warfen nicht nur anfänglich groſse Zweifel auf die von Hrn. Biot und mir gefaſste Ansicht über den Gegenstand, sondern überzeugten mich endlich von der Voreiligkeit unserer Verallgemeinerungen. Das Studium von Hrn. Fresnel's feinen Entdekkungen über die Circularpolarisation befähigte mich noch weiter in die Untersuchung einzugehen, und da ich diese

*) In einem Briefe vom 28. Juli 1815 theilte ich Sir Joseph Banks einen Abriſs dieser und anderer Versuche mit, ihn dabei ersuchend, das Manuscript als einen Beleg meiner Ansprüche in seinem Gewahr zu behalten. Sir Joseph erfüllte diese Bitte; als ich aber etwa zwei Jahre später das Manuscript zu sehen wünschte, dachte er, es wäre zur Publication bestimmt gewesen, und legte es ohne mein Wissen der Königl. Gesellschaft vor. Dem gemäſs wurde es am 23. Jan. 1817 unter dem Titel eines Abrisses von Versuchen über das Licht vorgelesen und für den Druck bestimmt Als der Probebogen mir zur Correctur übersandt wurde, verlangte ich, daſs der Aufsatz vernichtet werde, da er nicht zur Publication bestimmt sey.

Digitized by Google

kürzlich wiederum vornahm, so glaube ich gegenwärtig im Stande zu seyn, der Gesellschaft eine genügende Darstellung zu geben von den sonderbaren Erscheinungen, welche bei Einwirkung der Metalle auf das Licht zum Vorschein kommen.

I. Von der Wirkung der Metalle auf gewöhnliches Licht.

Wenn man einen Strahl gewöhnlichen Lichts, welcher unter verschiedenen Winkeln von einer Metallfläche reflectirt worden ist, mit einem Kalkspath-Rhomboëder untersucht, so bemerkt man an einem der Bilder eine Schwächung des Lichts, wie wenn eine Portion des einfallenden Strahls nach der Reflexionsebene polarisirt wäre. Dieſs kommt noch deutlicher zum Vorschein, wenn man das System polarisirter Ringe untersucht, welches sich mittelst des von Metallen reflectirten Lichtes um die Axen von Krystallen bildet. Hätte das Licht keine Veränderung durch die Reflexion erlitten, oder wäre es von dem Metall in gleichen Mengen nach rechtwinklichen Ebenen polarisirt und zurückgeworfen, so würden die Ringe ganz unsichtbar gewesen seyn, während man sie doch mit Leichtigkeit in dem von allen Metallen reflectirten Lichte wahrnimmt. Bei einer Incidenz von etwa 74° sind sie am deutlichsten zu sehen; bei gröſseren oder geringeren Incidenzen werden sie schwächer. Am schärfsten begränzt erscheinen sie in dem von Bleiglanz und metallischem Blei reflectirten Lichte; am undeutlichsten dagegen im Lichte, welches von Silber und Gold reflectirt wird. Man sieht dieſs aus der folgenden Tafel, in welcher die Metalle in die Ordnung gestellt sind, in welcher sie die Ringe am hellsten zeigen, in welcher sie also die gröſste Lichtmenge nach der Reflexionsebene polarisiren.

Digitized by Google

Bleiglanz	Wismuth
Blei	Quecksilber
Glanzkobalt (*Gray Cobalt*)	Kupfer
Speiskobalt (*Arsenical Cobalt*)	Weiſsblech (*Tine plate*)
Schwefelkies	Messing
Antimon	Korn-Zinn
Stahl	Juwelier-Gold
Zink	Feines Gold
Spiegelmetall	Gemeines Silber
Platin	Reines Silber.

Wenn wir nun von jedem dieser Metalle zwei Platten nehmen und das mehr als einmal reflectirte Licht untersuchen, so finden wir, daſs die Lichtmenge, welche nach der Reflexionsebene polarisirt wird, bei jedem Metalle mit der Zahl der Reflexionen zunimmt, und daſs bei mehreren Metallen der gesammte einfallende Strahl vollständig polarisirt ist.

Wenn der leuchtende Gegenstand eine in zehn Fuſs Entfernung aufgestellte Wachskerze ist, polarisirt eine Stahlplatte das gesammte Licht nach acht Reflexionen unter Winkeln zwischen 60° und 80°; bei Winkeln über 80° und unter 60° ist eine gröſsere Zahl von Reflexionen erforderlich. Beim Bleiglanz, Blei, Kobalt und Antimon polarisirt eine weit geringere Zahl von Reflexionen den gesammten Strahl; dagegen ist bei reinem und sehr polirtem Silber eine sehr groſse Zahl von Reflexionen erforderlich. Das vom Silber reflectirte Licht wird bei jeder Reflexion röther, was eine vermehrte Absorption oder Dispersion der weniger brechbaren Strahlen andeutet.

Beim Gebrauche von gewöhnlichem Lichte würde man vergeblich hoffen, das Gesetz zu entdecken, nach welchem die Polarisation des einfallenden Strahls von

den verschiedenen Metallen bewirkt wird. Eine andere Art der Untersuchung führt uns indeſs zu dem mathematischen Gesetz, das uns genau berechnen läſst, welcher Antheil von dem unter gewissen Winkeln und mehr als einmal reflectirten Strahle polarisirt wird.

II. Von der Wirkung der Metalle auf polarisirtes Licht.

Wenn ein Strahl polarisirten Lichts mit einer polirten Metallfläche, die sich rund um den Strahl drehen läſst, aufgefangen wird, so zeigt der reflectirte Strahl keine Modification (ausgenommen, daſs anscheinend eine Lichtportion nach der Reflexionsebene polarisirt ist), sobald die Einfallsebene unter 0°, 90°, 180° und 270° gegen die ursprüngliche Polarisationsebene geneigt ist. Allein bei jedem anderen Azimuth der Einfallsebene findet man an dem reflectirten Strahl eine merkwürdige Veränderung, welche zunimmt, so wie das Azimuth jener Ebene von 0° zu 45°, von 90° zu 135°, von 180° zu 225°, von 270° zu 315° übergeht. Bei den Azimuthen 45°, 135°, 225° und 315° ist die Wirkung ein Maximum, und sie nimmt allmälig ab von 45° zu 90°, von 135° zu 180°, von 225° zu 270°, und von 315° zu 360°.

Um die Natur dieser Veränderung zu erforschen, werden wir annehmen, die Reflexionsebene des Metalls neige unter —45° (oder von der Linken) gegen die ursprüngliche Reflexionsebene. In dieser Lage fange eine stark polirte Stahlplatte einen polarisirten Strahl von gewöhnlicher Stärke auf. Bei den Incidenzen 89°, 88° und 87°, erleidet dieser fast keine Veränderung von Seiten des Metalls. Leicht sehen wir indeſs, daſs die Polarisationsebene von der Rechten zur Linken gedreht worden ist, genau wie es von einer durchsichtigen Fläche geschehen würde. In gleicher Weise wird bei allen Einfallswinkeln von 0° bis zu etwa 40° keine entschiedene Wirkung hervorgebracht, ausgenommen die Drehung der Polarisationsebene.

Digitized by Google

ebene. Bei Winkeln kleiner als 87° beginnt die Veränderung aufzutreten; sie erreicht ihr Maximum bei etwa 75°, und nimmt bis zu 40° allmälig ab. Mittelst eines Kalkspath-Rhomboëders ist leicht zu ersehen, daſs eine groſse Portion des ursprünglichen Lichtbündels, so wie die Incidenz von 75° zu 0° abnahm, seine Polarisationsebene von +45° nach 0° gedreht hat.

In der That, miſst man die Drehung des Hauptschnitts dieses Rhomboëders, sobald der ungewöhnliche Strahl ein Minimum ist bei verschiedenen Einfallswinkeln, so finden wir sie entsprechend: $45° - \varphi$. φ wird berechnet nach der Formel $tang\,\varphi = \frac{cos\,(i+i')}{cos\,(i-i')}$, wo $\frac{sin\,i}{sin\,i'} = 3{,}732$ der Refractionsindex des Stahls ist. Den Werth von φ wird man beinahe gleich finden bei 87° und 40°, was zeigt, warum bei Licht von gewöhnlicher Stärke die besagte Veränderung gerade bei diesen beiden Winkeln zu beginnen anfängt.

Da die physische Wirkung der Metallfläche bei 75° ein Maximum ist, so wollen wir nun den Charakter des bei diesem Winkel reflectirten Strahls untersuchen.

1) Der so reflectirte Strahl ist nicht polarisirt, weil er während einer Umdrehung des Kalkspath-Rhomboëders nicht verschwindet.

2) Er besteht auch nicht aus gewöhnlichem Licht, weil er, wenn man ihn noch einmal unter 75° von einer anderen Stahlplatte reflectiren läſst, wiederum nach Einer Ebene polarisirt ist.

Um die Natur dieses Strahls zu entdecken, lasse man ihn durch ein Kalkspath-Rhomboëder parallel mit dessen Axe hindurchgehen. Das System von Ringen ist, wie es Taf. III. Fig. 2. zeigt, fast genau eben so verändert, wie wenn ein dünnes Krystallblättchen, welches das Blaſsblau der ersten Ordnung polarisirt, das System gekreuzt hätte. Nehmen wir statt des Kalkspaths Gypsblättchen die verschiedene Farben geben, so finden wir, daſs diese

Digitized by Google

Farben zunehmen, je nachdem die Wirkung des Metalls von gleicher oder entgegengesetzter Art mit der des Krystalles ist.

Durch diesen Versuch wurde ich zu der Meinung geführt, die Metalle wirkten wie Krystallplatten auf das Licht, und als ich fand, daſs die Farben bei einer mehrmaligen Reflexion nicht nur besser, sondern auch reiner hervortraten, so war es natürlich, wie ich, und Hr. Biot nach mir gethan, zu schlieſsen, daſs jede Reflexion einer vermehrten Dicke des Krystallblättchens entspreche.

Um die Unrichtigkeit dieses Schlusses zu zeigen, lasse man einen im Azimuthe +45° polarisirten Strahl zweimal von Stahl unter Winkeln von 75° reflectiren. In diesem Falle müſste die zweite Reflexion die von der ersten erzeugte Farbe verdoppeln, wenn die Farben die der Krystallblättchen wären. Das Resultat jedoch ist: daſs das gesammte Licht, statt aus zwei rechtwinklich polarisirten Strahlen zu bestehen, nach einer einzigen Ebene polarisirt ist. Hr. Biot übergeht diese Schwierigkeit, indem er die von zwei Reflexionen erzeugte Farbe als das Weiſs erster Ordnung betrachtet, welches, da seine complementäre Farbe Schwarz ist, die einzige Farbe ist, deren Licht sämmtlich nach *einer* Ebene polarisirt ist. Hätte er indeſs, das vier-, sechs- oder achtmal bei 75° reflectirte Licht untersucht, so würde er es sämmtlich nach *einer* Ebene polarisirt gefunden haben, was durchaus unverträglich ist mit der Annahme, die Farben stiegen mit der Zahl der Reflexionen in die Höhe. Daſs die Farbe nicht das Weiſs der ersten Ordnung sey, kann leicht erwiesen werden, wenn man es längs der Axe durch ein Kalkspath-Rhomboëder gehen läſst; denn man findet, daſs, statt eine Erhöhung der Farbe zu bewirken, die zweite Reflexion vielmehr die Wirkung der ersten völlig zerstört, und den Strahl wiederum auf gewöhnlich polarisirtes Licht zurückführt. Alles dieſs ergiebt sich aus der Vollkommenheit des durch den Kalkspath sichtbaren Ring-Systems. Un-

Digitized by Google

tersucht man in gleicher Weise das Licht, welches irgend eine Anzahl von Reflexionen zwischen den Platten erlitten hat, so findet man leicht, daſs die Wirkung niemals ein Farbenviertel in Newton's Skale überschreitet.

Nachdem ich hiedurch ermittelt hatte, daſs das im Azimuthe +45° polarisirte Licht, welches unter dem Winkel des Polarisationsmaximums von Metallen zurückgeworfen wird, weder gewöhnliches, noch polarisirtes Licht ist, eben so wenig wie solches, das durch dünne Krystallblättchen gegangen ist, faſste ich die Idee, daſs es dem circular-polarisirten Lichte ähnlich sey, jener merkwürdigen Art von Licht, welche sich so verhält, wie wenn sie bei ihrem Durchgange durch gewisse besondere Media eine Kreisbewegung erlitten hätte.

Nach Hrn. Fresnel's schöner Entdeckung wird ein im Azimuthe +45° polarisirter Lichtstrahl circular polarisirt, wenn er von Glas zwei totale Reflexionen unter dem Winkel 54°,5 erleidet; und wenn man einen solchen Strahl noch zweimal unter demselben Winkel reflectiren läſst, wird er in den Zustand eines im Azimuth −45° gegen die Reflexionsebene polarisirten Lichts zurückgeführt, in welchem Azimuthe auch die zweite Reflexionsebene gegen die erste liege. In gleicher Weise werde ich zeigen, daſs ein +45° polarisirter Lichtstrahl durch einmalige Reflexion unter dem Winkel des Polarisationsmaximums von Metallen und gewissen Erzen, eine analoge Polarisation erhält, d. h. eine bisher unbekannte Polarisation, die zwischen der circularen und geradlinigen Polarisation liegt.

Es werde ein +45° polarisirter Strahl unter 75° von Stahl reflectirt, und um diesen Strahl eine zweite Stahlplatte gedreht. Bei den Azimuthen 45°, 135°, 225° und 315° mit der ursprünglichen Polarisationsebene, d. h. wenn die beiden Reflexionsebenen entweder parallel mit oder senkrecht auf einander sind, wird der reflectirte Strahl bei der Incidenz 75° in polarisirtes Licht zurück-

Digitized by Google

geführt. In den Azimuthen 0° und 180° geschieht diese Wiederherstellung bei der Incidenz 80°; in den Azimuthen 90° und 270° findet sie bei der Incidenz 70° statt, und bei allen dazwischenliegenden Azimuthen tritt sie auch bei intermediären Incidenzen ein. Der von Stahl reflectirte Lichtstrahl, obschon er im Allgemeinen die Eigenschaften eines circular-polarisirten Strahls besitzt, weicht von diesem doch durch den merkwürdigen Umstand ab, daſs er zu seiner Zurückführung in polarisirtes Licht verschiedene Einfallswinkel in verschiedenen Azimuthen verlangt.

Bei der Circular-Polarisation, wie wir gesehen, besitzt der Strahl ringsum gleiche Eigenschaften, und die Reflexionswinkel, bei denen er in polarisirtes Licht zurückgeführt wird, sind sämmtlich in allen Azimuthen gleich, wie die Radien eines Kreises, der um den Strahl beschrieben wird. Der Ausdruck Circular-Polarisation ist also, ohne alle theoretische Beziehung, aus dieser und andern Thatsachen experimentell zweckmäſsig begründet. Eben so können wir, ohne uns auf die Annahme elliptischer Vibrationen, erzeugt durch die Interferenz zweier geradlinigen Vibrationen ungleicher Amplitude, einzulassen, den neuen Erscheinungen den Namen der elliptischen Polarisation ertheilen, weil die Reflexionswinkel, bei denen diese Lichtart in polarisirtes Licht zurückgeführt wird, durch den veränderlichen Radius einer Ellipse dargestellt werden können.

Bei der Circular-Polarisation macht die Polarisationsebene des wiederhergestellten Strahls *) immer den Winkel —45° mit der Ebene des zweiten Reflexionssystems. Bei der elliptischen Polarisation ist die Verschiedenheit beträchtlich. Die Neigung der Polarisationsebene des wiederhergestellten Strahls ist gleichfalls *Minus*, doch immer kleiner als 45°, wie es aus folgender Tafel hervorgeht.

*) d. h. des wiederum geradlinig oder eigentlich polarisirten Strahls.
P.

	Wiederherstellungs-Winkel			Wiederherstellungs-Winkel	
Totale Reflexionen	45°	0′	Wismuth	21°	0′
Reines Silber	39	48	Spiegel-Metall	21	0
Gewöhnliches Silber	36	0	Zink	19	10
Feines Gold	35	0	Stahl	17	0
Juwelier-Gold	33	0	Schwefelkies	14	0
Kornzinn (*Grain tin*)	33	0	Antimon	16	5
Messing	32	0	Speiskobalt	13	0
Weiſsbl. (*Tin plate*)	31	0	Glanzkobalt	12	30
Kupfer	29	0	Blei	11	0
Quecksilber	26	0	Bleiglanz	2	0
Platin	22	0	Eisenglanz	0	0

Die Substanzen stehen in dieser Tafel offenbar in umgekehrter Ordnung, nach der sie das meiste Licht nach der Reflexionsebene polarisiren.

An die Spitze der Tafel habe ich die Neigung des bei totalen Reflexionen wiederhergestellten Strahls gestellt, welche 45° beträgt, und an das Ende: die beim Eisenglanz, welche 0° ist, um so den Uebergang der elliptischen Polarisation einerseits in die circulare und andererseits in die geradlinige Polarisation zu zeigen.

Bei diesen Versuchen war der ursprüngliche Strahl gegen die Reflexionsebene nach dem Azimuth $+45°$ polarisirt. Verringert man indeſs diesen Winkel, so nähert sich die Polarisationsebene des wiederhergestellten Strahls der Reflexionsebene, und endlich bei 0° fällt sie mit ihr zusammen. Vergröſsert man dagegen das Azimuth, so entfernt sich die Polarisationsebene des wiederhergestellten Strahls von der Reflexionsebene, und, wenn jenes 90° wird, bilden die beiden Ebenen den Winkel 180°.

Die folgenden Versuche wurden mit Platten von reinem Silber gemacht; die Inclination φ war 39° 48′, wenn die Neigung x der Polarisationsebene 45° betrug.

Digitized by Google

Neigung x der ursprünglichen Polarisationsebene gegen die Reflexionsebene.	Neigung φ der Polarisationsebene des wiederhergestellten Strahls gegen die Reflexionsebene.	
	Beobachtet.	Berechnet.
+90°	−90° 0′	−90° 0′
85	84 36	84 0
75	74 10	72 10
65	63 51	60 46
55	52 18	49 57
45	ϑ=39 48	39 48
35	32 23	30 28
25	23 10	21 14
15	13 16	12 35
5	4 40	4 10
0	0 0	0 0

Nennt man ϑ den Werth von φ für $x=45$, so kann man diese Beobachtungen durch die Formel $tang\,\varphi = tang\,\vartheta \,.\, tang\,x$ darstellen, und die wirkliche Veränderung R in der Lage der Polarisationsebene wird seyn $R=x+\varphi$.

Ist φ gegeben hat, man $tang\,x = \frac{tang\,\varphi}{tang\,\vartheta}$, und wenn $\varphi=45°$, also $tang\,\varphi=1$ ist, wird $cot\,x=tang\,\vartheta$, und $x=90°-\vartheta$.

Da ein im Azimuthe +45° polarisirtes Licht durch *eine* Reflexion von Stahl unter 75° elliptisch polarisirt, und durch eine zweite Reflexion unter 75° zu einem nach dem Azimuthe −17° polarisirten Lichte zurückgeführt wird, so ist klar, daſs eine dritte Reflexion unter 75° dasselbe abermals elliptisch polarisirt, und eine vierte Reflexion unter 75° dasselbe wieder auf Licht, polarisirt nach dem Azimuth $+\varphi$, zurückführt, wo φ kleiner als 17° ist, und durch die obige Formel gegeben wird. Bei einer gröſseren Zahl von Reflexionen treten diese Erscheinungen folgendermaſsen auf:

Digitized by Google

No. d. Reflexionen von Stahl unter d. Incidenz 75°.	Beschaffenheit des reflectirten Lichts.	Neigung der Polarisationsebene. Beobacht.	Berechn.
1.	Elliptisch polarisirt		
2.	Wieder geradlinig polarisirt:	—17° 0′	—17°
3.	Elliptisch polarisirt		
4.	Wieder geradlinig polarisirt:	+ 5 10	+ 5 22′
5.	Elliptisch polarisirt		
6.	Wieder geradlinig polarisirt:	— 2 0	— 1 38
7.	Elliptisch polarisirt		
8.	Wieder geradlinig polarisirt:	0 0	+ 0 30
9.	Elliptisch polarisirt		
10.	Wieder geradlinig polarisirt:	0 0	— 0 9
11.	Elliptisch polarisirt		
12.	Wieder geradlinig polarisirt:	0 0	+ 0 3

Hieraus folgt, daſs das Licht bei jeder ungeraden Zahl von Reflexionen unter dem Winkel des Polarisationsmaximums elliptisch polarisirt, und bei jeder geraden Zahl von Reflexionen auf ein nach einer einzigen Ebene polarisirtes Licht zurückgeführt wird. Bei der Circular-Polarisation ist die Neigung φ dieser Ebene immer $\mp 45°$, selbst nach funfzig Reflexionen, wovon ich mich durch directe Versuche überzeugt habe. Bei der elliptischen Polarisation jedoch nimmt die Neigung mit jeder Wiederherstellung ab, und beim Stahl wird sie so nach acht Reflexionen fast auf 0° reducirt, wo dann das gesammte Licht nach der Polarisationsebene polarisirt ist. Die elliptische Polarisation nimmt also stufenweise ab, und geht zuletzt in die geradlinige über.

Der Werth von φ, wie er in der vorhergehenden Tafel gegeben ist, und folglich die Anzahl von Reflexionen, nach welcher er sich 0° nähert, kann durch die Formel:

$$\tang \varphi = \tang \vartheta \, . \tang x$$

hergeleitet werden.

Nach der ersten Reflexion ist $x = +45°$, und φ, oder die Neigung der Polarisationsebene des durch die zweite Reflexion wieder geradlinig polarisirten Strahls,

ist $=-17^\circ$, wie es der Versuch giebt. Das Licht also, welches die dritte Reflexion erleidet, und dadurch elliptisch polarisirt wird, ist nicht, wie ursprünglich $+45^\circ$ polarisirt, sondern nur -17°; und wenn es demnach nach der vierten Reflexion wieder geradlinig polarisirt ist, muſs der Werth von φ ein solcher seyn, daſs er einer Gleichheit der Werthe von x und ϑ, die beide $=17^\circ$ sind, entspricht. Folglich wird die Formel:

$$tang\,\varphi = tang^2\,x \text{ oder } tang\,\varphi = tang^n\,x,$$

worin n die Zahl der Paare von Reflexionen bezeichnet, oder die halbe Anzahl der Reflexionen, welche der wieder geradlinig polarisirte Strahl erlitten hat. Auf diese Weise ist die letzte Columne der vorhergehenden Tafel berechnet. Dieselbe Formel repräsentirt auch, wie sie es thun muſs, die Erscheinungen an den Grenzen der elliptischen Polarisation.

Bei der Circular-Polarisation, wo die Polarisationsebene des wiederhergestellten Strahls im Azimuthe 45° liegt, haben wir

$$x = 45^\circ;\ tang\,x = 1$$

und

$$tang\,\varphi = tang^n\,x = 1$$

oder

$$\varphi = 45^\circ$$

nach jeder auch wie groſsen Zahl von Reflexionen.

Bei der geradlinigen Polarisation, wo $x=0^\circ$, haben wir auf ähnliche Weise $\varphi=0^\circ$, d. h. der Strahl ist nach der Polarisationsebene polarisirt.

Die obige Formel paſst auf jede Reihe von Reflexionen unter irgend einem Winkel, sobald der Werth von φ für das erste Glied der Reihe bekannt ist. Der Werth von φ für zwei Reflexionen, das erste Glied der Hauptreihe, kann nur durch den Versuch bestimmt werden, und ist in der vorhergehenden Tafel für mehrere Metalle gegeben. Doch können wir aus ihm den Werth von φ für das erste Glied irgend einer anderen Reihe auf folgende Weise bestimmen, vorausgesetzt, daſs sie eine ge-

Digitized by Google

rade Zahl von Reflexionen einschlieſse. Es sey x die Neigung nach zwei Reflexionen beim Winkel des Polarisationsmaximum, und φ der Werth von x nach irgend einer Zahl $2n$ von Reflexionen, so haben wir:

$$tang\,\varphi = \frac{tang\,x + tang^n x}{2} \quad \ldots\ldots\ldots (A)$$

wo $tang^n x$ der Werth von φ beim Winkel des Polarisationsmaximums nach $2n$ Reflexionen ist. Da aber auch eine ungerade Zahl von Reflexionen in der Hauptreihe vorkommen kann, so ist die obige Regel auf diesen Fall nicht mehr anwendbar.

Folgende Tafel zeigt die Uebereinstimmung der Formel mit der Erfahrung.

Silber.

Zahl der Reflexionen.	Werth von n.	Einfallswinkel.	Neigung der Polarisationsebene.	
			Beobachtet.	Berechnet.
2	1	73° 0'	39° 48'	39° 48'
4	2	82 30	37 45	37 22
6	3	85 6	35 0	35 22
		Stahl.		
2	1	75 0	17 0	17 0
4	2	83 30	11 30	11 17
6	3	85 45	9 30	9 30

Wenn die Reihe mit einer ungeraden oder gebrochenen Zahl von Reflexionen beginnt, müssen wir durch die vorhergehende Formel den Werh von φ für die unmittelbar darüberliegende gerade Zahl bestimmen. Nennt man ν die ungerade oder gebrochene Zahl von Reflexionen, und N die unmittelbar über ν liegende gerade Zahl von Reflexionen, φ die durch die Formel (A) gegebene Neigung nach N Reflexionen, und φ' die verlangte Neigung, so haben wir:

Digitized by Google

$$tang\, \varphi' = tang\, x - \left[\nu - 2\left(\frac{tang\, x - tang\, \varphi}{N-2}\right)\right] \quad . . (B)$$

Die Richtigkeit dieser Formel ergiebt sich aus der folgenden Tafel:

Silber.

Zahl d. Reflexionen.	Einfallswinkel.	Neigung der Polarisationsebene.	
		Beobachtet.	Berechnet.
3	79° 40′	38° 28′	38° 33′
5	77 13	33 10	33 36
5	84 5	26 0	26 24
	Stahl.		
3	77 37	13 15	14 11
5	84 38	10 30	10 23

Dieselben Resultate erhält man bei Winkeln von gleicher Phase unter dem Winkel des Polarisationsmaximums.

Diese letzte Formel paſst auch auf eine gerade Anzahl von Reflexionen; allein für eine gerade Anzahl giebt sie nicht genau dieselben Resultate wie die Formel (*A*). Der Unterschied fällt indeſs weit innerhalb der Grenze der Beobachtungsfehler. Für vier Reflexionen z. B. ist die Neigung beim Silber nach der Formel (*A*) 37° 22′, nach der Formel (*B*) dagegen 37° 34′, der Unterschied also nur 12 Minuten.

In der Circular-Polarisation schwankt also die Polarisationsebene des wiederum geradlinig polarisirten Lichts bei den successiven Reflexionen beständig mit der unveränderlichen Amplitude von +45° nach −45° um die Reflexionsebene; während bei der elliptischen Polarisation dieselbe Ebene in einer fortwährend abnehmenden und zuletzt in der Reflexionsebene verschwindenden Amplitude oscillirt.

Beim Stahl, wie wir gesehen, ist die Polarisation sehr elliptisch, und die Schwingungsweite der Polarisa-

Digitized by Google

tionsebene des wieder geradlinig polarisirten Lichts wird rasch auf Null gebracht; allein beim Silber, wo die Polarisation sich sehr der circularen nähert, nimmt die Amplitude der Oscillationen sehr langsam ab, wie die folgende Tafel zeigt:

No. d. Reflexionen von Silber unter 73° Incidenz.	Beschaffenheit des reflectirten Lichts.	φ oder Neigung der Polarisationsebene.	
		Beobacht.	Berechn.
1.	Elliptisch polarisirt		
2.	Wieder geradlinig polarisirt	—38° 15′	—38° 15′
3.	Elliptisch polarisirt		
4.	Wieder geradlinig polarisirt	+31 15	+31 52
5.	Elliptisch polarisirt		
6.	Wieder geradlinig polarisirt	—26 0	—26 6
12.	Wieder geradlinig polarisirt		+13 30
18.	Wieder geradlinig polarisirt		— 6 42
36.	Wieder geradlinig polarisirt		+ 0 47

Wegen der starken Dispersivkraft des Silbers fand ich es schwierig, mit weiſsem Lichte den Vergleich weiter zu treiben. Die Farben machten eine genaue Bestimmung der Polarisationsebene unmöglich.

Die vorhergehenden Resultate liefern die deutlichste Erklärung von den Erscheinungen, welche Stahl und Silber bei der Reflexion des gewöhnlichen Lichtes zeigen. Da das gewöhnliche Licht zweien gleichen nach +45° und —45° polarisirten Strahlen ähnlich ist, und da der Stahl die Polarisationsebenen zweier solcher Strahlen in Parallelismus mit der Reflexionsebene bringt, so muſs das gewöhnliche Licht nach acht Reflexionen gänzlich nach der Reflexionsebene polarisirt seyn. Eben so sehen wir, weshalb das Silber nicht dieselbe Wirkung hervorbringt, weil nach acht Reflexionen die beiden Polarisationsebenen der Strahlen um 42° gegen einander neigen, so daſs sie einen partiell polarisirten Strahl bilden.

Dieselben Resultate liefern uns auch eine Methode, zu berechnen, wie viel polarisirtes Licht in irgend einem

Digitized by Google

gewöhnlichen Lichtstrahl enthalten sey, der von Metallen reflectirt wird, unter Winkeln, bei denen die elliptische Polarisation in die geradlinige zurückgeführt wird. Um diese Portion für Stahl, nach zwei Reflexionen bei 75°, zu bestimmen, müssen wir erwägen, daſs ein nach dem Azimuthe +45° polarisirter Strahl nach zwei Reflexionen in ein nach dem Azimuthe —17° polarisirtes Licht verwandelt ist, und eben so ein —45° polarisirter Strahl in einem +17° polarisirten. Ein Bündel gewöhnlichen Lichts wird also, nach zwei Reflexionen, aus zwei Strahlen, einen +17° und einem —17° polarisirten, von gleicher Intensität bestehen, und mithin sich in demselben Zustand befinden, wie gewöhnliches Licht, welches entweder unter 45° oder 68° von einer Glasfläche reflectirt worden ist. In der Formel *)

$$Q = 1 - 2 \sin^2 \varphi$$

haben wir also:

$$\varphi = 17° \text{ und } Q = 0{,}829.$$

Bis hieher haben wir die elliptische Polarisation nur als beim Winkel des Polarisationsmaximums hervorgebracht betrachtet. Sie kann jedoch bei einer hinlänglichen Zahl von Reflexionen bei jedem gegebenen Winkel unter oder über dem Winkel des Polarisationsmaximums hervorgebracht werden, wie aus folgender Tafel hervorgeht, worin die angeführten Reflexionen von zwei parallelen Stahlplatten bewirkt wurden.

*) Man sehe meinen Aufsatz: Ueber das Gesetz der partiellen Polarisation des Lichts durch Reflexion. (In diesen Ann. Bd. 95. S. 269.)

Digitized by Google

No. der Reflexionen von Stahl, bei denen die elliptische Polarisation bewirkt wurde.	No. der Reflexionen, bei denen der Strahl wieder in einen geradlinig polarisirten verwandelt wurde.	Einfallswinkel. Berechnet.	Einfallswinkel. Beobachtet
3, 9, 15 u. s. w.	6, 12, 18 u. s. w.	85° 45'	86° 0'
2½, 7½, 12½ u. s. w.	5, 10, 15 u. s. w.	84 38	84 0
2, 6, 10 u. s. w.	4, 8, 12 u. s. w.	83 30	82 20
1½, 4½, 7½ u. s. w.	3, 6, 9 u. s. w.	79 39	73 0
1, 3, 5 u. s. w.	2, 4, 6 u. s. w.	75 0	75 0
1½, 4½, 7½ u. s. w.	3, 6, 9 u. s. w.	68 53	67 40
2, 6, 10 u. s. w.	4, 8, 12 u. s. w.	60 2	60 20
2½, 7½, 12½ u. s. w.	5, 10, 15 u. s. w.	56 5	56 25
3, 9, 15 u. s. w.	6, 12, 18 u. s. w.	51 24	52 20

Die Zahlen der dritten Columne sind nach der folgenden Methode berechnet. Die Beziehung der vorhergenannten Erscheinungen zu dem Winkel des Polarisationsmaximums ist klar; und wenn wir die Natur der Formel

$$tang\ \varphi = \frac{\cos(i+i')}{\cos(i-i')}$$

betrachten, so sehen wir, daſs die Winkel, bei denen die geradlinige Polarisation des ursprünglichen Strahls zerstört wird, in Beziehung stehen zu der von der reflectirenden Fläche hervorgebrachten Drehung der Polarisationsebene. Und wirklich die Winkel der dritten Columne, bei denen unter und über 75° ähnliche Wirkungen hervorgebracht werden, sind diejenigen, für welche φ gleiche Werthe hat. Dieſs ist eine sehr wichtige Relation; sie setzt uns in den Stand, die Phase P der beiden ungleichen Portionen entgegengesetzt polarisirten Lichts zu bestimmen, durch deren Interferenz die elliptische Polarisation hervorgebracht wird.

Sie mag ausgedrückt werden durch:

$$P = 2R.$$

Allein:

$$R = 45° - \varphi.$$

Mithin:

$$P = 45^\circ - 2\varphi$$

$$tang\ \varphi = \frac{cos(i + i')}{cos(i - i')}.$$

Auf diese Weise erhalten wir die folgenden Resultate:

No. der Reflexionen für d. elliptische Polarisation.	Einfallswinkel auf Silber.	Einfallswinkel auf Stahl.	φ oder Neigung der Polarisationsebene.	R oder Drehung der Polarisationsebene.	P oder Phase.
3	85° 6′	85° 45′	30° 0′	15° 0′	$30^\circ = \frac{1}{3}90^\circ$
$2\frac{1}{2}$	83 49	84 38	26 15	18 45	$37\frac{1}{2} = \frac{5}{12}90$
2	82 30	83 30	22 30	22 30	$45 = \frac{1}{2}90$
$1\frac{1}{2}$	78 8	79 39	11 15	33 45	$67\frac{1}{2} = \frac{3}{4}90$
1	73 0	75 0	0 0	45 0	$90 = \frac{1}{1}90$
$1\frac{1}{2}$	66 25	68 53	11 15	33 45	$67\frac{1}{2} = \frac{3}{4}90$
2	57 16	60 2	22 20	22 30	$45 = \frac{1}{2}90$
$2\frac{1}{2}$	53 17	56 5	26 15	18 45	$37\frac{1}{2} = {}^{5}_{1}\ 90$
3	48 38	51 24	30 0	15 0	$30 = 90$

Bei den Resultaten der beiden vorhergehenden Tafeln, wo die Zahl der Reflexionen eine ganze ist, ist leicht einzusehen, wie ein elliptisch polarisirter Strahl seinen Lauf zu folgen beginnt, und wie er seine geradlinige Polarisation wieder erlangt durch dieselbe Zahl von Reflexionen, durch welche er sie verloren hat. Doch ist es interessant zu bemerken, daſs, wenn die Zahl der Reflexionen $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$ ist, der Strahl seine elliptische Polarisation in der Mitte zwischen der zweiten und dritten Reflexion erhalten haben muſs, d. h. wenn er seine gröſste Tiefe in der Metallfläche erreicht hat. Dann beginnt er seine geradlinige Polarisation wieder anzunehmen, wie zu Ende der 3ten, 5ten und 7ten Reflexion. Der Stillstandspunkt, bei dem die umgekehrte Wirkung anfängt, kann durch Veränderung einiger der Reflexionswinkel oder durch Combination von Metallplatten mit verschiedener Polarisationskraft in verschiedene Tiefe unter der Oberfläche versetzt werden.

Digitized by Google

Eben diese sonderbare Eigenschaft zeigt sich bei totalen Reflexionen, da ich gefunden habe, daſs die Circular-Polarisation bei $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$ u. s. w. Reflexionen erzeugt werden kann.

Bisher untersuchten wir hauptsächlich die Phänomene, wenn die Reflexionen entweder sämmtlich über oder sämmtlich unter dem Winkel des Polarisationsmaximums geschahen. Wir wollen nun den Fall untersuchen, wo eine Reflexion über, und die andere unter jenem Winkel bewirkt wurden.

Wenn ein nach dem Azimuth +45° polarisirter Strahl unter dem Winkel 85° oder 54° einmal von Stahl reflectirt worden ist, so hat er partiell den Zustand der elliptischen Polarisation erlangt, in solchem Grade, daſs drei fernere Reflexionen unter demselben Winkel diesen Zustand vollständig machen. Wenn aber ein Strahl, welcher durch *eine* Reflexion bei 85° partiell elliptisch polarisirt ist, eine zweite Reflexion bei 54° erleidet, so erlangt derselbe keine elliptische Polarisation weiter, sondern nimmt wieder geradlinige Polarisation an. Die nämlichen Erscheinungen finden bei folgenden Winkeln statt.

Winkel der partiellen elliptischen Polarisation.	Werthe von φ.	Winkel bei Wiederannahme geradliniger Polarisation.	Werthe von φ.
1 Reflex. bei $87°\frac{1}{2}$	36° 5′	1 Reflex. bei 41°	36° 11′
- - 85	27 28	- - 54	28 0
- - 80	12 12	- - 68	12 36
- - 77	5 24	- - 72	5 59
- - 75	0 0	- - 75	0 0

Beim Vergleiche dieser Winkel mit denen der vorhergehenden Tafel ist klar, daſs sie einander entsprechen, und daſs es diejenigen sind, bei welchen gleiche Phasen oder Drehungen bewirkt werden.

Die Wirkung zweier Reflexionen unter Winkeln

Digitized by Google

gleicher Phase auf die Neigung *I* der Polarisationsebene ersicht man aus folgender Tafel:

		Neigung *I* der Polarisationsebene.	
		Beobachtet.	Berechnet.
1 Reflex. bei 90° und 1 bei	0°	45	45° 0′
- - 87½ - -	41	—	30 0
- - 85 - -	54	26	26 5
- - 80 - -	68	19	20 8
- - 77 - -	72	18	17 2
- - 75 - -	75	17	17 0

Die letzte Columne dieser Tafel ist berechnet nach der Formel:

$$I = tang\,\varphi\,(45^\circ - i') + i', \quad . \quad . \quad ^{*})$$

wo $i = 17^\circ$ ist, oder gleich der Inclination nach zwei Reflexionen beim Winkel des Polarisationsmaximums.

Bis so weit haben wir die Erscheinungen nur für den Fall betrachtet, daſs die auf einander folgenden Reflexionen in zusammenfallenden Ebenen geschehen. Die Untersuchung wird verwickelter und das Resultat interessanter, wenn die Ebene der zweiten Reflexion in irgend einem Azimuth liegt gegen die Ebene der ersten Reflexion, durch welche der Strahl entweder ganz oder theilweise elliptisch polarisirt worden ist.

Es sey ein Strahl durch *eine* Reflexion von Stahl bei 75° elliptisch polarisirt, und es seyen die Azimuthe gezählt von der Ebene dieser Reflexion. Wir haben bereits gesehen, daſs eine zweite Reflexion bei 75° in den Azimuthen 0° und 180° dem Strahle die geradlinige Polarisation wieder giebt. Wenn wir aber die Ebene der zweiten Reflexion in das Azimuth 45° oder 225° drehen, ist der Winkel zur Wiederherstellung der geradlinigen Polarisation nicht mehr 75°, sondern 78°. Bei den Azimuthen 90° und 270° ist er wieder 75°, bei den Azi-

*) Sicher sind hier Druckfehler vorhanden. *P.*

Digitized by Google

Azimuthen 135° und 315° ist er aber nur 68°, so daſs er also von 68° bis 78° schwankt.

Folgende Tafel zeigt die beobachteten und berechneten Einfallswinkel zur Wiederherstellung der geradlinigen Polarisation in verschiedenen Azimuthen.

Azimuthe, von der Ebene der ersten Reflex. gerechnet.	Winkel d. Wiederherstellung d. geradlinigen Polarisation beim Stahl.	Complement des Winkels der Wiederherstellung oder Radien der Ellipse. Beobachtet.	Berechnet.
0° und 180	75°	15°	14°,9
$22\frac{1}{2}$ - $202\frac{1}{2}$	77	13	12 ,7
45 - 225	78	12	12
$67\frac{1}{2}$ - $247\frac{1}{2}$	$77\frac{3}{4}$	$12\frac{1}{4}$	12 ,7
90 - 270	75	15	14 ,9
$112\frac{1}{2}$ - $292\frac{1}{2}$	70	20	19
135 - 315	68	22	22
$157\frac{1}{2}$ - $337\frac{1}{2}$	70	20	19
180 - 360	75	15	14 ,9

Die Radien in den beiden letzten Columnen sind offenbar die einer der Ellipse nahe kommenden Curve, deren groſse Axe um 45° rechts, und deren kleine Axe um 45° links von der Ebene der ersten Reflexion liegt. Die groſse Halbaxe ist 22°, die kleine 12°. Nennt man also x den variablen Radius der Ellipse, a die groſse und b die kleine Halbaxe, so wie ϑ das Azimuth, gerechnet von der kleinen Axe, so haben wir:

$$x = \frac{ab}{\sqrt{a^2 \cos^2\vartheta + b^2 \sin^2\vartheta}}$$

Worin, wenn

$$\vartheta = 45°,\ 135° \text{ u. s. w.}$$

ist:

$$\sin^2\vartheta = \cos^2\vartheta = \tfrac{1}{2} \text{ und } x = \frac{ab}{\sqrt{\tfrac{1}{2}a^2 + \tfrac{1}{2}b^2}}.$$

Durch Berechnung der Werthe von x, die den Azi-

muthen in der Tafel entsprechen, erhalten wir die Zahlen der letzten Columne, welche den beobachteten Zahlen so nahe kommen, daſs ohne Zweifel die Beobachtungen durch eine Ellipse dargestellt werden können.

Stellen wir denselben Versuch bei 73° mit einer Silberplatte an, so werden wir mit Erstaunen sehen, daſs der Winkel der Wiederherstellung der geradlinigen Polarisation gleich ist in allen Azimuthen, d. h. daſs die Ellipse in einen Kreis übergegangen ist. Es findet indeſs eine schwache Abweichung statt, die eben hinreicht zu zeigen, daſs der Kreis etwas länglich ist, allein um wie viel konnte ich nicht messen.

Dieſs Resultat entspringt daraus, daſs die elliptische Polarisation des Silbers beinahe circular ist. Nennt man β den Azimuthalwinkel der Polarisationsebene bei Wiederherstellung der geradlinigen Polarisation nach zwei Reflexionen, so hat man für das Verhältniſs $a:b$, das der groſsen und kleinen Axe der Ellipse, den Ausdruck:

$$a : b = sin\, 2\beta : radius.$$

Beim Stahl, wo $\beta = 17°$, also $2\beta = 34°$, haben wir $a:b = 0{,}559 : 1 = 12 : 21\frac{1}{2}$, wenig abweichend von $12 : 22$, dem wirklichen Verhältniſs.

Beim Silber, wo $\beta = 39° 48'$, ist $a : b = 0{,}9835 : 1 = 17 : 17\frac{1}{4}$.

Bei der Circular-Polarisation, wo $\beta = 45°$, ist $a:b = 1 : 1$, was einen Kreis giebt.

Bei der geradlinigen Polarisation, wo $\beta = 0$, ist $a:b = 0 : 1$, und dieſs giebt eine gerade Linie.

Es wird nun ein interessanter Gegenstand der Untersuchung, die Form und Lage der Ellipse zu ermitteln, für den Fall, daſs der Einfallswinkel an der ersten Fläche gröſser oder kleiner ist, als der Winkel des Polarisationsmaximums.

Die folgenden Versuche wurden mit Silber, für das der Winkel des Polarisationsmaximums 73° ist, bei den Einfallswinkeln 80° und 68° angestellt.

Digitized by Google

Silber. — Einfallswinkel an der ersten Platte 80°.

Azimuth zur Rechten.	Complement des wiederherstellenden Einfallswinkels an der zweiten Platte.	Azimuth zur Linken.	Complement d. wiederherstellenden Einfallswinkels an der zweiten Platte.
0°	28° 2′	0°	28° 2′
11¼	26 35	11¼	24 40
22½	25 20	22½	21 0
33¾	21 13	33¾	16 40
45	18 20	45	14 35
56¼	14 20	56¼	11 10
67½	11 32	67½	10 0
78¾	10 15	78¾	10 0
90	10 0	90	10 0

Silber. — Einfallswinkel an der ersten Platte 68°.

0°	13°	0°	13°
11¼	14	11¼	13
22½	15⅓	22½	13½
33¾	16	33¾	14
45	17	45	14½
56¼	19	56¼	15½
67½	20	67½	16½
78¾	20	78¾	18
90	20	90	20

In der ersten Versuchsreihe verhalten sich die Halbaxen der Ellipse wie 10° : 28°, und die gröſsere dieser Axe liegt im Azimuthe 0° und 180° oder in der Ebene der ersten Reflexion.

In der zweiten Reihe ist das Verhältniſs dieser Axen wie 13° zu 20°, und die groſse Axe liegt im Azimuthe 90° und 270° oder senkrecht gegen die Ebene der ersten Reflexion. In beiden Reihen herrscht indeſs rechts vom Azimuthe 0° eine Unsymmetrie in der Curve, da sie sich hier ausbiegt, wodurch sich zeigt, daſs in beiden Reihen die groſse Axe etwas rechts vom Azimuthe 0° liegt.

Hieraus erhellt, daſs beim Silber, dessen elliptische

Digitized by Google

Polarisation fast circular ist, die groſse Axe der Ellipse, welche die Winkel der Wiederherstellung regulirt, für alle Winkel gröſser als 73°, der Winkel des Polarisationsmaximums, in der Ebene der ersten Reflexion liegt. Von einem Kreise ab wird die Ellipse immer länger, bis sie, bei der Grenze 90° Incidenz, wo die kleine Axe 0° und die groſse 90° wird, in eine gerade Linie übergeht. Für Einfallswinkel kleiner als 73° hat die Ellipse ihre Axe senkrecht gegen die erste Reflexionsebene liegen, und sie nimmt von einem Kreise ab allmälig an Ellipticität zu, bis zu der Grenze 0° Incidenz, wo sie, indem die kleine Axe 0°, und die groſse 90° wird, wieder in eine gerade Linie übergeht.

Der eigenthümliche Charakter der elliptischen Polarisation zeigt sich auf eine andere Weise und mit besonderem Interesse in der veränderlichen Lage der Ellipsen, welche die Wiederherstellungswinkel auf Stahl reguliren.

Wir haben bereits gesehen, daſs die Curve, welche beim Silber für den Winkel des Polarisationsmaximums kreisförmig erscheint, beim Stahl eine Ellipse von den Halbaxen 12° und 22° ist, von denen die groſse Axe den Winkel 45° rechter Hand mit dem Azimuthe 0° macht.

Die ſolgende Tafel zeigt, wie die Erscheinungen sich mit Einfallswinkeln, gröſser und kleiner als der Winkel des Polarisationsmaximums, verändern.

Digitized by Google

Stahl. — Einfallswinkel 80°.

Azimuth rechts.	Complement des wiederherstellenden Einfallswinkels an der zweiten Platte.	Azimuth links.	Complement d. wiederherstellenden Einfallswinkels an der zweiten Platte.
0°	23°	0°	23°
11¼	25	11¼	20
22½	26	22½	16⅓
33¾	24	33¾	13
45	20½	45	11½
56¼	18	56¼	10
67½	15⅓	67½	9½
78¾	11	78¾	9¾
90	10	90	10

Stahl. — Einfallswinkel 68°.

0°	11	0°	11°
11¼	24	11¼	10
22½	24½	22½	9
33¾	25½	33¾	9¾
45	26⅓	45	11½
56¼	25⅓	56¼	15
67½	20	67½	18
78¾	21	78¾	20
90	22	90	22

Vergleicht man diese Resultate mit denen, welche mit Stahl bei 75° erhalten wurden, so wie mit den beim Uebergange der Ellipse in eine gerade Linie angestellten Beobachtungen, so ergeben sich die folgenden Resultate:

Einfallswinkel an d. erstenStahlplatte.	Verhältn. der Halbaxen der Ellipse.	Charakter der Curven.	Azimuth der groſsen Axe der Ellipse.
0°	0° : 90°	Gerade Linie	90° u. 270°
68	9 : 26	Ellipse	zwisch. 45 u. 56 rechts
75	12 : 22	Ellipse	45 rechts
80	9½ : 26	Ellipse	22½ rechts
90	0 : 90	Gerade Linie	0

Digitized by Google

Hieraus ist klar, daſs die groſse Axe der Ellipse im Azimuthe $45^\circ \mp \varphi R$ rechts vom Azimuthe 0° liegt, wo φ sich durch die Formel ergiebt:

$$tang\ \varphi = \frac{cos\,(i+i')}{cos\,(i-i')}.$$

Bei den Incidenzen 68° und 80° ist eine Abweichung von einigem Belange vorhanden, doch liegt sie bei Anwendung von gewöhnlichem Lichte schwerlich auſserhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler. Bei starkem Lichte wird die Uebereinstimmung ohne Zweifel vollkommen seyn.

Am besten bestimmt man die Lage der groſsen Axe, wenn man die zweite Platte unter solchen Winkel gegen den von der ersten Platte herkommenden Strahl stellt, daſs er zwei bis drei Grad gröſser ist als der Winkel, bei dem die geradlinige Polarisation im Azimuthe 0° wieder hergestellt wird. Dreht man dann die zweite Platte um den Strahl in alle Azimuthe, von 0° bis 90°, des rechts liegenden, die groſse Axe enthaltenden Quadranten, so muſs sie in zwei Azimuthe gelangen, wo die Wiederherstellung der geradlinigen Polarisation bei gleichen Einfallswinkeln stattfindet. Die Complemente (zu 90°) dieser beiden Einfallswinkel werden zwei gleiche Radien der Ellipse seyn, und folglich wird das Azimuth, welches in der Mitte jener beiden Azimuthe liegt, das der groſsen Axe der Ellipse seyn. Durch Vergröſserung des Einfallswinkels an der zweiten Platte, werden auf eben die Weise zwei andere Azimuthe mit gleichen Radien der Ellipse erhalten, und so kann man, wenn es nöthig ist, einen Einfallswinkel bekommen, wo die beiden Radien mit der groſsen Axe zusammenfallen.

Nachdem hiedurch die Lage der Ellipse gegeben ist, können wir sie für alle Einfallswinkel bestimmen. Nennt man x den Einfallswinkel an der ersten Platte, so werden wir vier Punkte in der Ellipse haben, wie folgt. Der Radius in den Azimuthen 90° und 270° ist immer

Digitized by Google

$90^\circ - x$, und der Radius in den Azimuthen 0° und 180° ist das Complement desjenigen Einfallswinkels, bei welchem φ in der letzten Gleichung denselben Werth hat wie der Winkel x. Hiedurch ist denn auch die Gestalt der Ellipse gegeben.

Bei diesen Versuchen war der ursprüngliche Strahl immer nach dem Azimuthe +45° polarisirt. Verändert die Polarisationsebene dieses Strahls ihre Lage, so thut es auch die des wiederhergestellten Strahls, wie bereits erwähnt wurde; es bleibt indeſs noch zu untersuchen, welche Veränderung der Wiederherstellungswinkel *) erleidet. Die in den Azimuthen 0°, 90°, 180° und 270° liegenden Wiederherstellungswinkel oder Radien der Ellipse werden, bei allen Einfallswinkeln **), durch eine Verschiebung der ursprünglichen Polarisationsebene nicht verändert; allein bei allen intermediären Azimuthen der zweiten Platte nehmen die Wiederherstellungswinkel ab, wenn die ursprüngliche Polarisationsebene von 45° nach 0° hingeht, und sie nehmen zu, wenn diese von 45° nach 90° gedreht wird. Folgende Tafel zeigt den Fortgang der Veränderung, wenn die Azimuthe der zweiten Reflexion +45° und −45° sind.

*) D. h. der Einfallswinkel an der zweiten Platte, bei dem der Strahl wieder geradlinig polarisirt zurückgeworfen wird. (*P.*)

**) An der ersten Platte.

Digitized by Google

Stahl.

Neigung der ursprünglichen Polarisationsebene.	Azimuth der zweiten Reflexion +45° rechts.		Azimuth der zweiten Reflexion —45° links.	
	Beobacht.	Berechn.	Beobacht.	Berechn.
0°	0°	0° 0′	1°	0° 0′
5	2	2 4	2	1 0
10	4	3 46	3½	2 3
15	6	5 43	4½	3 7
20	8½	7 50	6	4 14
25	11	9 54	6	5 26
30	13	12 11	7	6 43
35	15	14 40	8	8 6
40	18	17 25	9½	9 41
45	20½	20 30	11½	11 30

Diese Beobachtungen werden dargestellt durch die Formel:

$$tang\ \vartheta\ . = tang\ a\ .\ tang\ x\ ,$$

wo α der Wiederherstellungswinkel für den Fall, daſs ϑ, die Neigung der ursprünglichen Polarisationsebene, 45° ist.

Von 45° zu 90° habe ich die Werthe von ϑ nicht gegeben, weil es, selbst bei starkem Lichte, schwierig ist den Anfang des Verschwindens zu beobachten. Bei 90° ist die Wirkung der ersten Platte Null, so daſs bei dieser Grenze der Wiederherstellungswinkel derjenige ist, bei welchem die elliptische Polarisation wegen Kleinheit des Einfallswinkels nicht mehr sichtbar ist, welcher Winkel mit der Intensität des angewandten Lichts variirt.

Bisher haben wir nur die von zwei gleichartigen Metallplatten hervorgebrachten Erscheinungen betrachtet. Sind die Metalle ungleicher Art, das eine Silber, das andere Stahl, so ist, wie ich gefunden, bei dem mittleren Winkel des Polarisationsmaximums 74° die Neigung der Ebene des wieder zur geradlinigen Polarisation hergestellten Strahls 28° 30′. Allein 28° 30′=½(39° 48′+17°);

Digitized by Google

die Neigung ist also hier das Mittel zwischen der beim Silber und der beim Stahl. Durch vier Reflexionen bei 74° wurde die Inclination auf 14° reducirt, durch vier Reflexionen bei etwa 83° und 58° dagegen nur auf $21\frac{1}{2}°$, was beinahe gleich ist $\frac{1}{2}(28° 30' + 14°)$, gemäſs der Formel S. 233. Durch eine solche Combination ungleichartiger Metalle kann man demnach elliptische Polarisationen von allen Stärkegraden zwischen denen der gleichartigen Metalle hervorbringen.

Da die Circular-Polarisation der totalen Reflexion der Grenzfall der elliptischen Polarisation ist, so wird es wichtig, den innigen Zusammenhang und die fast vollkommene Aehnlichkeit beider durch Versuche nachzuweisen. Durch Reflexionen von Metallflächen combinirt mit totalen Reflexionen muſste dieſs auf einmal klar werden. Ich fand allgemein, daſs eine Circular-Polarisation von beliebiger Stärke, wie sie durch eine oder mehrere Reflexionen vom Glas hervorgebracht wird, immer durch eine oder mehrere Reflexionen von Metallen auf die geradlinige Polarisation zurückgeführt werden kann, vorausgesetzt, daſs die letzteren sämmtlich bei Winkeln kleiner als der des Polarisationsmaximums geschehen, und die Ebenen beider Klassen von Reflexionen parallel liegen.

Da dieses durch die ganze Reihe totaler Reflexionen von 41° bis 90° stattfindet, so folgt, daſs die totale Reflexion darin von der Reflexion von Metallen verschieden ist, daſs sie nicht zwei entgegengesetzte Arten von Circular-Polarisation erzeugt, wie die zwei entgegengesetzten Arten von elliptischer Polarisation, welche bei den Metallen an beiden Seiten des Winkels des Polarisationsmaximums stattfinden. Allein ungeachtet dieſs hat die circulare wie die elliptische Polarisation ein Maximum bei etwa 50°, von dem ab sie nach 41° Incidenz rasch, und auf der andern Seite nach 90° Incidenz langsam bis Null abnimmt.

Wenn eine Reflexion von Stahl combinirt wurde

Digitized by Google

mit zwei totalen Reflexionen von Glas bei $54\frac{1}{2}°$, so betrug die Neigung der Polarisationsebene des wieder geradlinig polarisirten Strahls $30°\frac{1}{2}$, das arithmetische Mittel zwischen 45°, dem Werthe dieser Neigung bei der totalen Reflexion, und 17°, dem Werthe derselben beim Stahl, denn $\frac{1}{2}(45°+17)=31$. Mit Silber betrug die Neigung $42\frac{1}{2}°$ und $\frac{1}{2}(45°+39°\,48')=42°\,24'$.

Fängt man den circular polarisirten Strahl in verschiedenen Azimuthen mit einer Metallplatte auf, so findet man, daſs im Azimuthe 90° die Circular-Polarisation durch eine Reflexion von Metall bei oberhalb 80° compensirt wird. Verringert man dieſs Azimuth allmälig bis 0°, so nimmt der Compensationswinkel auch ab; bei Stahl geht er durch 75°, und er vermindert sich bis zu einer Zahl, die abhängig ist von dem Einfallswinkel, bei welchem die totale Reflexion bewerkstelligt wurde. Wir werden dadurch in Stand gesetzt, die Erscheinungen der Circular-Polarisation vermittelst der Metalle zu studiren, und Resultate zu erhalten, welche zu erlangen durch andere Methoden auſserordentlich schwer, wenn nicht gar ganz unmöglich seyn würde. Dieser Gegenstand bietet indeſs ein zu weites Feld dar, als daſs er gelegentlich behandelt werden könnte.

III. Ueber die complementaren Farben, welche bei successiven Reflexionen von polirten Metallflächen erzeugt werden.

Ich habe bereits im Allgemeinen von den Farbenerscheinungen der successiven Reflexionen gesprochen, und gezeigt, daſs die dabei hervorgebrachten Farben keineswegs mit den der Krystallblättchen gleich sind, da sie durch successive Reflexionen nicht in der Skale in die Höhe steigen.

Bei meinen früheren Versuchen über totale und Me-

Digitized by Google

tall-Reflexionen, betrachtete ich beide Klassen von Erscheinungen *mutatis mutandis* als völlig gleich, und bei Mittheilung dieser Resultate an den Dr. Young wies ich auf die Uebereinstimmung derselben mit seinen theoretischen Ansichten hin. Dr. Young führte im Artikel *Chromatics*, *Suppl. Encyclop. Britt. p.* 157. diese Versuche auf folgende Weise an.

»Dr. Brewster *has also shown that the total reflexion of light within a denser medium, and the brillant reflexion at the surfaces of some of the metals, are capable of exhibiting some of the appearances of colour as if the light concerned were divided into two portions, the one partially reflected in the first instance, the other beginning to be refracted, and caused to return by the continued operation of the same power. The original interval appears to be extremely minute, but is capable of being increased by a repetition of similar reflexions as well as obliquity of incidence.*«

In einem Briefe, welchen ich unter dem 25. März 1816 von diesem auzgezeichneten Physiker bekam, modificirt er einen Einwurf, den er mir früher gemacht, auf meine Meinung, daſs die Erscheinungen herrührten von der Interferenz des in die Oberfläche eingedrungenen Lichts mit dem partiell reflectirten, folgendermaſsen:

»*The light which you suppose to have entered a little way into a reflecting surface, in the case of total reflexion, is singularly circumstanced with regard to the objection I mentioned in my last letter. I did not like the idea of supposing a surface of any kind to contain a finit space: but, in fact, if your theory should be confirmed, this objection might be greatly diminished by the consideration, that the thickneſs of the surface would still like an infinitesimale of a different order from the interval corresponding to its apparent*

Digitized by Google

effect, being the versed sine of a curve of which that small interval is the arc and possibly in a circle of curvature not very minute.«

Bei Fortsetzung meiner Versuche über diesen Gegenstand fand ich, daſs die Farben der totalen Reflexion durch mehrmalige Wiederholung dieser Reflexion nicht in der Skale in die Höhe steigen; und da sie die Farben krystallisirter Körper modificiren, indem sie ihnen eine gewisse Portion einer Farbe hinzufügen oder von ihnen fortnehmen, so machte ich zu Ende des Jahres 1816 in dem *Journal of the Royal Institution* (*Vol. III. p.* 213.) bekannt, »daſs ich durch mehrmalige Anwendung der polarisirenden Kraft eine neue Art beweglicher Polarisation entdeckt habe, bei welcher die complementären Farben niemals über das Weiſs (das bläuliche Weiſs) der ersten Ordnung stiegen.« Ich bestimmte auf dem Wege des Versuchs die Winkel, bei denen diese Farbe successiv hervorgebracht und zerstört wurde, und so entdeckte ich einige der Haupteigenschaften der totalen Reflexion, bevor, wie ich glaubte, Hr. Fresnel irgend einen Versuch über diesen Gegenstand gemacht hatte. Er ist es jedoch welcher ausgemittelt hat, daſs die neue Art von Polarisation die Circular-Polarisation sey, und es ist unmöglich von dem bei dieser Untersuchung an den Tag gelegten Talent und Scharfsinn hoch genug zu sprechen.

Diese Ansicht über die Erscheinungen der totalen Reflexion stieſsen die Meinungen um, welche ich in Bezug auf die Wirkung der Metalle gehegt hatte, und dadurch wurde ich bewogen, meine über diesen Gegenstand angestellten, aber noch nicht bekannt gemachten Versuche wieder vorzunehmen und zu erweitern.

Um die Wirkung einer einzelnen Metallfläche auszumitteln, nahm ich eine krystallisirte Glasplatte, deren centrale Farbe das bläuliche Weiſs der ersten Ordnung, und

Digitized by Google

die positiv wie schwefelsaurer Kalk war. Der ursprüngliche Strahl war nach dem Azimuthe +45° polarisirt, und die Stahlplatte lag horizontal. Dieser Strahl wurde unter einer Incidenz von nahe 90° aufgefangen, und der Hauptschnitt des analysirenden Prisma's lag in der Ebene +45°, während die Glasplatte ihrer Länge nach senkrecht gegen die Ebene +45° oder den Hauptschnitt des Prisma's befestigt war, so daſs sie sich längs derselben bewegen konnte

Bei der Incidenz 88° vom Metall wurde die Wirkung der Glasplatte zerstört, wenn man den Hauptschnitt des analysirenden Prisma's von +45° nach +38° drehte.

Dieselbe Wirkung wurde bei der Incidenz 83½° hervorgebracht, wenn man jenen Hauptschnitt in die Ebene +22½° drehte.

Beim Winkel 75°, d. h. beim Winkel des Polarisationsmaximums fand die Compensation statt, wenn die Axe des Krystalls um 45° gedreht worden war.

Eben so trat bei dem Winkel 60° die Compensation ein, wenn man die Axe des Krystalls um 45°+22½ oder in die Ebene —22½ gedreht hatte.

Bei dem Einfallswinkel 40° geschah die Compensation, wenn die Axe des Krystalls um 45°+37° oder in die Ebene —37° gedreht worden war. Dieselben Resultate wurden erhalten, wenn das Licht vor seinem Durchgang durch den Krystall auf das Metall fiel.

Hieraus folgt, daſs die Wirkung des aequivalenten Krystalls, welcher in das Azimuth 45° gegen die ursprüngliche Polarisationsebene gestellt ist, beim Winkel des Polarisationsmaximums durch die Wirkung der Metallfläche compensirt wird, während, bei gröſseren Einfallswinkeln, die Compensation in Azimuthen kleiner als 45°, und, bei geringeren Einfallswinkeln, in Azimuthen gröſser als 45° stattfindet.

Wenn die Reflexion von dem Metall in einer ge-

gen den Meridian senkrechten Ebene geschieht, wird die entgegengesetzte Wirkung hervorgebracht.

Die Winkel, bei denen in den vorhergehenden Versuchen die Compensation stattfindet, sind offenbar solche, daſs, wenn man R den Drehungswinkel der Krystallaxe nennt, dieser immer zu dem Einfallswinkel i die Relation hat:

$$tang\,(45^\circ - R) = \frac{cos\,(i + i')}{cos\,(i - i')}.$$

Hiedurch werden wir zu dem wichtigen Schluſs geführt, daſs der in das Metall eindringende Lichtbündel die Polarisationsveränderungen des partiell reflectirten Lichtbündels befolgt, welcher durch dasselbe Gesetz wie in durchsichtigen Körpern regulirt wird.

Es wurde nun interessant zu untersuchen, welche Veränderung in der Lage der Polarisationsebene des wieder hergestellten Strahls durch die vereinte Wirkung eines Metalls und eines aequivalenten Krystalls hervorgebracht werde. Folgende Tafel enthält die Resultate mit verschiedenen Metallen beim Winkel des Polarisationsmaximums.

Metall.	Lage d. Polarisationsebene.	Bewirkte Drehung.
Reines Silber	+42	3
Kupfer	+36½	8½
Quecksilber	+35	10
Platin	+34	11
Spiegelmetall	+32	13
Stahl	+30½	14½
Blei	+26	19
Bleiglanz	+17½	27½

Diese Metalle befolgen in ihrer Wirkung auf die Polarisationsebene dieselbe Ordnung, welche sie in der Tafel, S. 229., einnehmen, obgleich, was die wirklich in

Digitized by Google

beiden Fällen bewirkte Drehung betrifft, die Ordnung umgekehrt ist.

Die vorstehende Tafel zeigt auf eine sehr belehrende Weise den Unterschied zwischen der Wirkung einer Metallfläche und eines entsprechenden Krystallblättchens. Wenn zwei Metallflächen gemeinschaftlich wirken, wird die Polarisationsebene des wieder hergestellten Strahls ohne Ausnahme jenseit der Reflexionsebene geworfen; ist dagegen ein Krystallblättchen mit einer Metallfläche combinirt, so erreicht jene Ebene niemals die Reflexionsebene; im ersten Falle hat die Polarisationsebene eine negative Lage, im letzteren eine positive. So wird die Polarisationsebene des ursprünglich nach dem Azimuthe +45° polarisirten Strahls durch zwei Reflexionen von Silber bei 73° in das Azimuth —39° 48′ gebracht, wogegen, wenn die zweite Reflexion von einer Krystallschicht geschieht, die Ebene nur in das Azimuth +42° gedreht wird.

Um das Gesetz der Wirkung der Metalle für verschiedene Einfallswinkel und eine verschiedene Zahl von Reflexionen zu bestimmen, stellte ich zwischen dem Auge und dem Metall, hier Silber, eine Kalkspathplatte auf, welche ihr einaxiges Ring-System zeigte.

Der modificirende Einfluſs des Metalls auf die Ringe war bei 73° ein Maximum, wie es Tafel III. Figur 2. zeigt, gerade wie wenn sie von einem positiven Krystallblättchen gekreuzt worden wären, welches das blasse Bläulich-Weiſs der ersten Ordnung polarisirt, und welches mit seiner Axe im Azimuthe +45° liegt, d. h. in dem, welches den rechten Winkel zwischen den Polarisationsebenen der beiden vom Metalle polarisirten Lichtbündel halbirt. Der Einfluſs des Metalls, oder die Farbe, welche es polarisirt, nimmt allmälig ab von 73° bis zu 90°, wo sie verschwindet, und wo also die Ringe ihre Symmetrie und ihre Farben wie-

der annehmen. Bei dieser Grenze liegt die Axe des aequivalenten Krystallblättchens in der Linie AB (Taf. III. Fig. 3.), welche noch den Winkel zwischen den Ebenen der beiden rechtwinklich polarisirten Strahlen halbirt. In Fig. 3. sind die Ringe nicht in ihrer eigentlichen Gestalt abgebildet, sondern genau so, wie die Metalle bei einer Incidenz von 86° oder 87° auf sie einzuwirken anfangen. Bei Incidenzen von 73° bis zu 0° findet die entgegengesetzte Wirkung statt, und bei 0° nehmen die Ringe ihre Symmetrie wieder an. Die Axe des aequivalenten Krystallblättchens liegt jetzt vertical und halbirt den Winkel zwischen den Ebenen der beiden rechtwinklich polarisirten Strahlen. Die Gestalt der Ringe, ehe sie ihre Symmetrie wieder annehmen, ist in Taf. III. Fig. 4. abgebildet.

Bei allen intermediären Einfallswinkeln nimmt die Axe AB eine intermediäre Lage ein. Nennt man A die Neigung der Axe gegen die Reflexionsebene, so haben wir

$$A=\varphi+45^\circ,$$

wo φ positiv ist von 90° bis 73°, und negativ von 73° bis 0°.

Die Intensität der, wenn man so sagen darf, metallischen Farbe, oder der positiven aequivalenten Platte T wird seyn:

$$T=\tfrac{1}{4}\frac{P}{90}=\frac{2R}{360}=\left(\frac{45^\circ-\varphi}{180}\right).$$

Hieraus ersehen wir das Irrthümliche des bisher aufgestellten Satzes, daſs eine Vermehrung der Incidenz, gerechnet vom Perpendikel, gleiche Wirkung hervorbringe, wie eine Vermehrung der Dicke bei dünnen Krystallblättchen.

Wenn die Ringe combinirt sind mit zwei Reflexionen von Silber bei 73°, oder von Stahl bei 75°, so erleiden sie nicht die geringste Veränderung, sobald der Hauptschnitt des Prisma's für das Silber in das Azimuth

— 39°

Digitized by Google

— 39° 48′ und für den Stahl in das Azimuth — 17° gestellt wird. Durch zwei Reflexionen zwischen 73° oder 75° und 90° wird jedoch eine Wirkung auf die Ringe hervorgebracht, welche beim Silber von 73° bis 82° 30′ allmälig zunimmt und von 82° 30′ bis 90° abnimmt. Bei 82° 30′ ist die Wirkung dieselbe wie nach einer einzigen Reflexion bei 73°. Denn da vier Reflexionen bei 82° 30′ die elliptische Polarisation des Strahls in eine geradlinige verwandeln, so müssen zwei Reflexionen bei demselben Winkel eine vollständige elliptische Polarisation hervorbringen. Bei Winkeln zwischen 82° 30′ und 90° ist der Lichtbündel nur partiell elliptisch polarisirt; wogegen derselbe von 82° 30′ bis 73° mehr als elliptisch polarisirt ist, indem die Wiederherstellung zur geradlinigen Polarisation während der zweiten Reflexion begonnen hat. Um also die Phase für irgend einen Winkel zwischen 82° und 90° 30′ zu bestimmen, müssen wir die Summe der Phasen für jede Reflexion, oder $2P$ nehmen. Zwischen 82° 30′ und 73° müssen wir dagegen den Ueberschuſs der Summe beider Phasen über 90°, oder $90° - 2P$ nehmen. In beiden Fällen hat der Lichtbündel eine partielle elliptische Polarisation erlitten, in dem ersten durch die Summe der Wirkungen beider Reflexionen, in dem letzteren, durch ihre unaufgehobenen Wirkungen. Genau dieselben Wirkungen finden statt zwischen 73° und 57° 16′, dem andern Minimum, wie zwischen 73° und $82\frac{1}{2}$°; und zwischen 57° 16′ und 90°, wie zwischen $82\frac{1}{2}$° und 90°.

Für drei Reflexionen giebt es zwei Wiederherstellungs-Punkte oder Knoten, nämlich bei 78° 8′ und 66° 35′; die Maxima liegen bei 85° 6′, 73° und 48° 38′, und bei jedem derselben ist die Phase 90°. Bei 73° verwandelt die zweite Reflexion die von der ersten Reflexion erzeugte elliptische Polarisation in eine geradlinige, und die dritte Reflexion bringt wieder elliptische Polarisation

hervor. Bei 85° 6' und 48° 38' bewirken sechs Reflexionen eine Wiederherstellung zur geradlinigen Polarisation, und folglich müssen drei Reflexionen den Strahl elliptisch polarisirt haben mit einer Phase von 90°. Von 85° 6' bis 90° und von 48° 38' bis 0° ist der Lichtbündel nur partiell elliptisch polarisirt, und die Phase bei jedem dazwischen liegenden Winkel ist $3P$. Bei jedem Winkel zwischen 48° 38' und 85° 6' ist die Phase $(2\times 90)-3P$.

Ist n die Zahl der Reflexionen, so wird im Allgemeinen die Phase zwischen 90° und dem nächsten Minimum, und zwischen 0° und dem nächsten Maximum seyn: nP, während sie bei allen andern Einfallswinkeln seyn wird $(n-1)\ 90-nP$.

Um eine allgemeine Uebersicht von der Zahl der Wiederherstellungspunkte und von andern nach mehrmaliger Reflexion eintretenden Erscheinungen zu geben, habe ich die folgenden Tafeln entworfen.

Digitized by Google

An… dlinig polarisirtem wieder hergestellt
… lten Polarisationsebene in Bezug auf

… ms.)

Ar… dei… flexi…	Ganze Multipla.	Wiederherstellungswinkel.
—	+19	58° 15'
	+ 8—12+16—20	57 16
	+17	55 54
	+13	55 29
	— 9+18	54 42
	—14	53 54
	—19	53 31
	+ 10+15+20	52 27
	—16	51 5
	—11	50 27
	—17	49 49
	+12—18	48 38
	+19	47 23
	—13	46 57
	—20	46 32
	+14	45 35
	—15	44 13
	+16	43 0
	+17	41 52
	+18	40 51
	—19	39 51
	+20	39 0
+		37 15
		35 50
		34 33
		32 30
		32 15
		31 17
		30 30
		29 42
		28 56
		28 10

zu geradlinig polarisirtem wieder hergestellt
r hergestellten Reflexionsebene in Bezug auf

smaximums.)

ahl r onen.	Ganze Multipla.	Wiederherstellungswinkel.
3 4/5	−19	82° 8′
4	+ 8−12+16−20	82 30
4 1/4	+17	82 58
4 1/3	−13	83 16
4 1/2	+ 9−18	83 23
4 2/3	−14	83 38
4 3/4	+19	83 45
5	+10−15+20	84 5
5 1/3	−16	84 27
5 1/2	+11	84 38
5 2/3	−17	84 48
6	+12−18	85 6
6 1/3	−19	85 22
6 1/2	+13	85 30
6 2/3	−20	85 36
7	+14	85 49
7 1/2	+15	86 7
8	+16	86 21
8 1/2	+17	86 35
9	+18	86 46
9 1/2	+19	86 56
0	+20	87 5
1		87 20
2		87 35
3		87 46
4		87 56
5		88 4
6		88 11
7		88 18
8		88 24
9		88 28
0		88 33

Digitized by Google

Die erste Columne der vorhergehenden Tafeln giebt die kleinste Anzahl von Reflexionen, bei der ein elliptisch polarisirter Strahl bei dem in der dritten Columne enthaltenen Winkel wieder in einen geradlinig polarisirten Strahl verwandelt wird. Bei der halben Anzahl dieser Reflexionen wird das Licht also elliptisch polarisirt bei demselben Winkel. So z. B. wird ein Strahl nach drei Reflexionen bei 63° 43′ oder 79° 40′ in einen geradlinig polarisirten verwandelt; folglich ist er, bei jenen Winkeln, nach $1\frac{1}{2}$ Reflexionen elliptisch polarisirt. Dieſs ist leicht zu verstehen, wenn die Zahl der Reflexionen eine ganze ist; allein es erfordert eine Erläuterung, wenn die Zahl zum Theil eine gebrochene ist. Es ist bereits S. 238. angegeben, daſs die elliptische Polarisation durch irgend eine Bruchzahl von Reflexion vervollständigt werden kann; da sie nun vom Momente ihrer Vervollständigung an wieder in die geradlinige Polarisation überzugehen anfängt, und nach jener solchen Wiederherstellung abermals in die elliptische zurückgeht, so können die Wiederherstellungspunkte in der Mitte einer Reflexion liegen; und obgleich wir nicht zu untersuchen vermögen, was an diesen Punkten vorgeht, so muſs die Wirkung doch zum Vorschein kommen, wenn die in der ersten Columne enthaltene Bruchzahl von Reflexionen so oft wiederholt wird, daſs sie eine ganze Zahl wird. So wird ein Strahl, der durch $1\frac{1}{3}$ Reflexionen elliptisch polarisirt ist, durch $2\frac{2}{3}$ Reflexionen bei demselben Winkel zu einem geradlinig polarisirten zurückgeführt. Dasselbe geschieht auch durch $2\frac{2}{3} \times 2 = 5\frac{1}{3}$ und durch $2\frac{2}{3} \times 3 = 8$ Reflexionen, in welchem Falle seine Zurückführung zur geradlinigen Polarisation bei der achten Reflexion unter demselben Winkel sichtbar wird, eben so auch bei der 16ten und 24sten, u. s. w. In diesem Falle wird die Phase P seyn $\frac{90^\circ}{1\frac{1}{3}} = 67\frac{1}{2}{}^\circ$, $R = 33^\circ\,45'$ und $\varphi = 11^\circ\,15'$, woraus wir folgern, die Einfallswinkel seyen 63° 43′

Digitized by Google

und 79° 40′. Um die Existenz jener Wiederherstellungspunkte zu ermitteln, machte ich den Versuch bei fünf und sieben Reflexionen, als den Multiplis von $2\frac{1}{2}$ und $2\frac{1}{3}$, und ich fand die Winkel für fünf Reflexionen gleich 68°, und für sieben Reflexionen gleich 70°, anstatt 67° 54 und 69° 29′, wie sie sich aus der Formel ergeben.

Die Zahlen der zweiten Columne mit den Zeichen + und — sind die ganzen Multipla der Zahlen in der ersten Columne, und sie zeigen die Anzahl der Reflexionen, bis zu zwanzig, bei welcher elliptisch polarisirtes Licht wieder in geradlinig polarisirtes verwandelt wird. Das Zeichen + zeigt, daſs die Polarisationsebene des wieder geradlinig polarisirten Strahls zur Rechten, und das Zeichen —, daſs sie zur Linken der Reflexionsebene liegt. Um diese Zeichen zu bestimmen, müssen wir erwägen, daſs sie in demselben Quadranten nothwendig abwechseln. Nun sind bei 73°, dem Winkel des Polarisationsmaximums, die Zeichen: —2, +4, —6, +8, —10, +12 u. s. w., und ich habe auch gefunden, daſs alle ungeraden (*integer*) Zahlen der ersten Columne in Tafel I. das + oder positive Zeichen haben, wie +3, +5, +7, +9 u. s. w., und alle geraden Zahlen das — oder negative Zeichen, wie —4, —6, —8, —10 u. s. w., dagegen in der Tafel II. alle ganzen Zahlen, gerade wie ungerade, negativ sind, wie —3, —4, —5, —6 u. s. w. Geht man demnach von diesen Punkten aus und beachtet die Abwechslung der Zeichen, so ist es leicht, für irgend eine Anzahl von Reflexionen, sie sey nun ein Multiplum von einer ganzen oder gemischten Zahl, die richtigen Zeichen zu bestimmen.

Zur Erläuterung dieser Tafel habe ich ihre Resultate bis zu sechs Reflexionen in Taf. III. Fig. 5. bildlich dargestellt. Die concentrischen Bögen I I, II II u. s. w. stellen den Quadranten der Incidenz für eine, zwei u. s. w. Reflexionen dar; *B* ist der Punkt der Incidenz 90°, und *C* der der Incidenz 0°, der Punkt *D* oder die Linie *AD*

Digitized by Google

ist der Punkt oder die Linie des Polarisationsmaximums, für Silber z. B. 73°; durch die Punkte 1, 2, 3, 4, 5 u. s. w. sind die Punkte oder Knoten, und durch deren Abstände von C die Winkel der Wiederherstellung angedeutet. Die Ovale zwischen den Punkten 1, 2, 3 u. s. w. sind gezogen, um eine Idee zu geben von der Intensität der elliptischen Polarisation, die ihre Minima bei den Punkten 1, 2, 3 u. s. w. und ihre Maxima bei den dazwischen liegenden Punkten hat. Die Punkte des Maximums der Intensität halbiren die Ovale nicht, oder haben nicht gleiche Abstände von den Minimis 1, 2 u. s. w.; vielmehr ist ihre Relation zu diesen von der Art, daſs das Maximum für n Reflexionen das Minimum ist für $2n$ Reflexionen, die demselben Winkel entsprechen. So ist das Maximum für *eine* Reflexion, z. B. bei 73°, das Minimum für zwei Reflexionen; und die Maxima für zwei Reflexionen, z. B. bei 82° 30′ und 63° 43′, sind die Minima für vier Reflexionen. Das Maximum kann direct gefunden werden durch Berechnung des Einfallswinkels, welcher einer zwischen zwei das Maximum einschlieſsenden Minimis liegenden Phase entspricht.

Nachdem ich so die verschiedenen Punkte des Quadranten bestimmt habe, bei welchen die elliptische Polarisation erzeugt, und bei welchen sie zerstört wird, nach irgend einer Anzahl von Reflexionen, werde ich untersuchen, wodurch die lebhaften complementären Farben entstehen, welche diese Phänomene begleiten.

Da bei jedem durchsichtigen Körper der Winkel des Polarisationsmaximums einen besonderen Werth besitzt, welcher von dem Refractionsindex jeder Farbe des Spectrums abhängig ist, und da die elliptische Polarisation bei dem Winkel des Polarisationsmaximums hervorgebracht wird, so ist es natürlich anzunehmen, daſs dieser Winkel für jeden Farbenstrahl ein anderer sey. Daſs dieſs der Fall sey, kann leicht erwiesen werden, wenn man bei homogenem Lichte die Wiederherstellungswinkel

Digitized by Google

nach zwei Reflexionen miſst. Beim Silber beträgt der Winkelunterschied für rothes und blaues Sonnenlicht etwa 5°; so daſs, wenn der Winkel des Polarisationsmaximums für die mittleren gelben Strahlen 73° ist, er für die blauen 70½°, und für die rothen 75½° seyn wird. Wenn wir demnach einen Bündel weiſsen Lichts, der zweimal bei 70½° reflectirt worden ist, untersuchen, und den Hauptschnitt des analysirenden Prisma's dabei in das Azimuth —39° 48′ stellen, so verschwinden die blauen Strahlen, und die rothen bleiben sichtbar. In gleicher Weise verschwinden die rothen bei dem Winkel 75° 30′ und das complementäre Blau wird sichtbar; wogegen beim Winkel 73° das Gelb verschwindet, und Blau und Roth zusammen sichtbar werden, dieſs- und jenseits der Stelle, wo das Gelb verschwunden ist. Bei Einfallswinkeln gröſser als 75½° und kleiner als 70½°, und auch bei dazwischenliegenden Winkeln wird das Blau oder das Roth in dem Bündel vorherrschen, das Blau bei allen Winkeln gröſser als 73°, und das Roth bei allen Winkeln kleiner als 73°. Und gerade so sind die Erscheinungen, wie aus folgender Tafel hervorgeht.

Einfallswinkel bei den beiden Reflexionen.	Farben bei gewöhnlichem Lichte.
63°	Sehr blasses Gelb, bei geringeren Incidenzen weiſser werdend.
64	Blasses Gelb.
65	Blasses Saffran-Gelb.
66	Saffran-Gelb.
67	Blässeres Orange-Gelb.
68	Orange-Gelb.
69	Röthliches Orange.
70	Ziegelroth.
70½	Zinnoberroth.
71	Scharlach.
72	Helles Nelkenroth.

Digitized by Google

Einfallswinkel bei den beiden Reflexionen.	Farben bei gewöhnlichem Lichte.
73°	Dunkles Nelkenroth.
74	Dunkles China-Blau.
75	Indigo.
75½	Reines Hellblau.
76	Blasseres Blau.
77	Weiſsliches Blau.
78	Bläuliches Weiſs, bei gröſseren Winkeln weiſs werdend.

Aus dem bereits Angeführten ist ersichtlich, daſs bei homogenem gelbem Lichte der Strahl nicht verschwindet, wenn er von 73°, wo er verschwindet, übergeht zu 90° und 0°, wo er abermals verschwindet; allein die Intensität des ungewöhnlichen Strahls im analysirenden Rhomboëder wächst, von 0° bis zur Hälfte des reflectirten Lichts, von 73° einerseits bis 82½, andererseits bis 57° 16′, und nimmt von diesen Punkten ab bis nach 90° und 0°. Dasselbe gilt für die rothen und blauen Strahlen; die ersteren haben das Maximum ihrer Intensität bei einem Winkel gröſser als 82°½ und gröſser als 57° 16′; die letzteren bei einem Winkel kleiner als 82°½ und kleiner als 57° 16′.

Um die Erscheinungen bei homogenem Lichte auszumitteln, nehme man an, das polarisirte gelbe Licht erleide vier Reflexionen von Silber, und bedenke, was in dem Ovale 2, 3 des Quadranten IV, IV, Fig. 5. Taf. III., vorgehen würde. Bei dem Knoten 2, oder bei 73°, ist die Neigung der Polarisationsebene des wieder hergestellten Strahls +31° 52′, und beim Knoten 3, oder bei 82° 30′, ist sie —37° 22′, der Punkt des Maximums zwischen 2 und 3 liegt bei 78° 8′. Stellen wir, für den Einfallwinkel 73°, den Hauptschnitt des analysirenden Prisma's in die Ebene +31° 52′, so wird der ungewöhnliche Strahl verschwinden, und das Licht geht in das ge-

Digitized by Google

wöhnliche Bild über; dasselbe geschieht, wenn wir ihn, für den Einfallswinkel 82° 30′, in die Ebene —37° 22′ stellen. Bei 74° wird eine geringe Portion des Lichts in das ungewöhnliche Bild übergehen, und diese Portion nimmt allmälig zu bis 78° 8′, wenn der Hauptschnitt des Prisma's dabei allmälig von +31° 52′ nach 0° gedreht worden ist, wie auf S. 225. gesagt worden. Das gewöhnliche und ungewöhnliche Bild nähern sich nun fast der Gleichheit, und nach demselben Gesetze variirt ihre Intensität beim Uebergange von 78° nach 82° 30′, wo dann die Axe des Prisma's in die Ebene —37° 22′ gekommen ist. Genau dieselben Erscheinungen finden beim rothen und blauen Lichte statt, nur liegen die Punkte des Minimums (der Wiederherstellung geradliniger Polarisation) und das Maximum der elliptischen Polarisation bei verschiedenem Einfallswinkel, so daſs die Räume zwischen den Minimis verschiedene Längen haben in den verschiedenen Farbenstrahlen. Diese Räume oder Ovale werden also über einander greifen, wie es Fig. 6. Taf. III. verdeutlichen wird, wo sie neben einander abgebildet sind; *r*, *r′* ist das rothe Oval, *yy′* das gelbe, *v*, *v′* das violette; die Punkte *r*, *y*, *v*, *r′*, *y′*, *v′* sind die Minima oder Knoten, und *a*, *b*, *c* die Maxima. Werden diese Ovale, wie beim weiſsen Lichte, über einander liegend gesehen, so wird die Farbe des ungewöhnlichen Bildes weiſs seyn, weniger die drei Lichtquantitäten, welche aus dem ungewöhnlichen Bilde verschwunden sind. Bei der durch den Knoten des rothen Ovals gehenden Linie *mn* wird das Roth verschwunden seyn, und die übrigbleibende Mischung von Gelb und Violett wird einen grünlichblauen Lichtbündel bilden, dessen Blau gegen *a* hin abnimmt, nelkenroth wird, und gegen *ts* hin roth, in Folge der Lichtportion des andern oberhalb *r* liegenden rothen Ovals, welches nun in den ungewöhnlichen Strahl übergeht. Bei *o* und *p*, wo das Violett verschwindet, wird die Mischung von Gelb und Roth einen orangefarbenen Strahl bilden,

welcher bei *v* und *v'* am röthesten ist, und gegen *a* hin in's Weiſsliche fällt. Bei der Linie *st* verschwindet das Gelb, und quer durch den oberen Theil der Lichtscheibe wird ein Ueberschuſs von Roth, und quer durch den unteren Theil ein Ueberschuſs von Blau vorhanden seyn. Dieſs ist der Fall bei einer geraden Anzahl von Reflexionen; bei einer ungeraden liegt das Blau oberhalb und das Roth unterhalb.

Beim weiſsen Lichte variiren die Farbenerscheinungen sehr stark mit der Zahl der Reflexionen, sowohl was die Tiefe der Farben als was die Schnelligkeit ihres Wechsels betrifft. Um die Natur dieser Veränderungen zu untersuchen, wollen wir betrachten, was bei 2, 4, 6, 8, 10 Reflexionen von Silber in den oberhalb neben 73°, dem Winkel des Polarisationsmaximums, liegenden Ovalen vorgeht. Folgende Zahlen reguliren die Erscheinungen.

Taf. III. Fig. 7.	Zahl der Reflexionen.	Art der Reflexionen.	Gränzen der Ovale.	Länge der Ovale.	φ oder Neigung der Polarisationsebene.
ab	2	Erste der Reihe	73°—90° 0'	17° 0'	39° 48'
cd	4	Erste der Reihe	73 —82 30	9 30	37 22
ef	6	Multiplum v. 3	73 —79 40	6 40	32 25
gh	8	Multiplum v. $2\frac{2}{3}$	73 —78 8	5 8	27 53
mn	10	Multiplum v. $2\frac{1}{2}$	73 —77 13	4 13	24 16

Zur Erläuterung dieser Tafel diene die Fig. 7. Taf. III. Es geht daselbst *AB* durch die Incidenz 90° und *CD* durch die 73°; die Punkte *m*, *g*, *e*, *c*, *a* entsprechen folgweise den Einfallswinkeln 77° 13', 78° 8', 79° 40' und 82° 30', oder denen, bei welchen der Strahl nach 10, 8, 6 und 4 Reflexionen wiederum geradlinig polarisirt wird. Die krummlinigen Räume *ab*, *cd*, *ef*, *gh* und *mn* sind die bereits erwähnten Ovale; ihre Breite entspricht der Intensität des ungewöhnlichen Strahls, welche bei den Knoten *a*, *c*, *e*, *g*, *m* und *b*, *d*, *f*, *h*, *n* ein

Digitized by Google

von den relativen Intensitäten der Bündel abhängt, durch deren Interferenz die elliptische Polarisation erzeugt wird. Beim Silber kommen diese Lichtbündel der Gleichheit nahe; allein bei Stahl und anderen Metallen sind sie sehr ungleich.

Nachdem ich gezeigt habe, wie die Phänomene der elliptischen Polarisation zu bestimmen sind, für jeden Einfallswinkel, für jede Zahl von Reflexionen und für jeden homogenen Farbenstrahl, will ich diesen Aufsatz mit einigen Bemerkungen über eine sehr merkwürdige Anomalie beschlieſsen; die sich im Lauſe dieser Untersuchung dargeboten hat.

Die beschriebenen Erscheinungen zeigen sehr deutlich, daſs der Winkel des Maximums der durch *eine* Reflexion erzeugten elliptischen Polarisation oder der Winkel der nach zwei gleichwinklichen Reflexionen wieder hergestellten geradlinigen Polarisation, der Winkel des Polarisationsmaximums des Metalles, folglich dessen Tangente der Refractionsindex ist, wie es folgende Tafel zeigt *):

Win-

*) Diese Tafel zeigt deutlich, daſs der Refractionsindex der Metalle nicht aus deren Reflexionskraft abgeleitet werden kann. Denn das Silber, welches alle anderen Metalle an Reflexionskraft übertrifft, steht ihnen an Refractionskraft weit nach. Hr. Herschel hat den Unterschied zwischen den nach diesen zwei Methoden bestimmten Refractionsindexen für das Quecksilber angegeben; durch die Reflexionskraft bestimmt, findet er ihn =5,829, und durch den Polarisationswinkel =4,16. Für Stahl findet er den Index =2,85. Erwägen wir, daſs Metalle das in ihre Substanz eingedrungene Licht reflectiren, so muſs klar seyn, daſs die von ihnen reflectirte Lichtmenge eine Function ist nicht nur von ihrer Brechkraft sondern auch von ihrer Durchsichtigkeit, welche letztere proportional seyn wird der Intensität des reflectirten Strahls, der in das Metall eingedrungen war. In dieſs der Fall, wird die Durchsichtigkeit proportional seyn der Neigung der Polarisationsebene des Strahls, der nach zwei Reflexionen beim Winkel des Polarisationsmaximums wieder geradlinig polarisirt

Digitized by Google

	Winkel des Polarisationsmaximums.	Refractionsindex.
Kornzinn	78° 30′	4,915
Quecksilber	78 27	4,893
Bleiglanz	78 10	4,773
Schwefelkies	77 30	4,511
Glanzkobalt	76 56	4,309
Spiegelmetall	76 0	4,011
Antimon, geschmolzen	75 25	3,844
Stahl	75 0	3,732
Wismuth	74 50	3,689
Reines Silber	73 0	3,271
Zink	72 30	3,172
Weiſsblech, gehämmert	70 50	2,879
Juwelier-Gold	70 45	2,864

Dieser Schluſs steht mit keiner der Erscheinungen in Widerspruch, sobald wir diese Zahlen nur auf die Strahlen von mittlerer Brechbarkeit beziehen. Gebrauchen wir aber homogenes Licht, so stoſsen wir auf eine seltsame Anomalie. Da nämlich beim Silber der Winkel des Maximums der elliptischen Polarisation für rothes Licht 75° 30′ und für blaues Licht 70° 30′ ist, so hat man:

		Winkel.
Refractionsindex für rothes Licht	3,866	75° 30′
- - - den mittleren Strahl	3,271	73 0
- - - blaues Licht	2,824	70 30

Die Ordnung der Brechbarkeit ist also umgekehrt.

Die vollkommene Aehnlichkeit zwischen der Wirkung der Metalle und der totalen Reflexion an den Hinterflächen durchsichtiger Körper versprach diese Schwierigkeit aufzuhellen. Ich untersuchte demnach Fresnel's

ist, und die Metalle werden hinsichtlich ihrer Durchsichtigkeit die in Tafel, S. 229., angegebene Reihe einnehmen. Man sehe Hrn. Herschel's *Treatise on Light*, §. 594., 845.

Digitized by Google

Formeln für die totale Reflexion, welche die Phase P durch den Ausdruck giebt:

$$\cos P = \frac{2m^2 \sin^4 i - (m^2+1) \sin^2 i + 1}{m^2+1 \sin^2 i - 1}.$$

Aus dieser Formel folgt, wenn $m=1{,}51$ und $i=54^\circ\ 37'$, daſs $P=45^\circ$ ist für eine Reflexion, und folglich für zwei Reflexionen $2P=90^\circ$. Wenn m zunimmt, wie es beim blauen Licht geschieht, so wird die Phase $=45^\circ$ seyn bei einem Einfallswinkel gröſser als $54^\circ\ 37'$, d. h. die Circularpolarisation tritt beim blauen Lichte bei einem gröſseren Einfallswinkel ein als beim rothen Lichte; gerade umgekehrt, was bei den Metallen stattfindet. Stellt man jedoch den Versuch mit der totalen Reflexion an, so findet man, daſs die blauen Strahlen durch zwei Reflexionen bei einem geringeren Winkel als die rothen Strahlen circular polarisirt werden, und so nähern sich beide Klassen von Erscheinungen selbst in Bezug auf diese sonderbare Anomalie. Um nun Fresnel's Formel auf homogenes Licht von verschiedener Farbe anwendbar zu machen, sey m der Refractionsindex für den homogenen Strahl, und d die Differenz zwischen ihm und dem mittleren Index. Dann wird die Formel für die Phase P:

$$\cos P = \frac{2(m \pm d)^2 \sin^4 i - [(m \pm d)^2 + 1] \sin^2 i + 1}{[(m \pm d)^2 + 1] \sin^2 i + 1},$$

worin das Zeichen $+$ für die rothen oder schwächst brechbaren, und $-$ für die blauen oder stärkst brechbaren Strahlen gilt.

Aus demselben Grunde müssen wir, wenn wir die Phasen eines elliptisch polarisirten homogenen Strahls nach der Formel

$$\tang \varphi = \frac{\cos(i+i')}{\cos(i-i')}$$

berechnen wollen, i' durch die Formel $\sin i' = \frac{\sin i}{m \pm d}$ bestimmen, wo das Zeichen $+$ für die rothen oder wenigst brechbaren, und $-$ für die blauen oder meist brechbaren Strahlen gebraucht wird.

Digitized by Google

Da die theoretischen Beobachtungen, auf welche Hr. Fresnel seine Formel gegründet haben soll *), ihm nicht die obige Anomalie darbot, so ist es mir nicht möglich, eine Erklärung dafür aufzusuchen. Es muſs indeſs erwähnt werden, daſs der Winkel des Polarisationsmaximum oder $tang\, \frac{1}{m}$ an der Hinterfläche der Körper nothwendig kleiner ist für die wenigst brechbaren Strahlen als für die mittleren, wovon das Umgekehrte gerade an der Vorderfläche stattfindet. Da nun die Gränze der totalen Reflexion, deren Sinus $\frac{1}{m}$ ist, oder da die Sphäre der Circularpolarisation früher für die wenigst als für die meist brechbaren Strahlen anfängt, so möchte man vermuthen, daſs der Winkel des Maximums der Circularpolarisation für diese Strahlen kleiner ist, als ich ihn gefunden habe.

Obgleich wir die Natur der Kräfte, durch welche die beiden entgegengesetzt polarisirten Strahlen von den Metallen reflectirt werden, nicht kennen, so wirken sie doch genau eben so wie die Hinterflächen durchsichtiger Körper bei Hervorbringung totaler Reflexion. Von der senkrechten Incidenz ausgegangen, fangen die wenigst brechbaren Strahlen eher an die doppelte Reflexion zu erleiden als die mittleren, und sie erreichen auch früher das Maximum der elliptischen Polarisation.

Die von Fresnel gegebene Theorie der elliptischen Vibrationen umfaſst ohne Zweifel auch die Erscheinungen der elliptischen Polarisation, und sobald die Wirkung der Metalle gründlicher untersucht seyn wird, dürfen wir erwarten, die hier betrachteten Erscheinungen auf ihre wahre Ursache zurückführen zu können.

*) Ich kenne Fresnel's Formel nur durch den Abriſs, den Hr. Herschel von ihr gegeben hat.

IV. *Auszug aus einer Abhandlung über die eigenthümliche Doppelbrechung, welche der Bergkrystall in Richtung seiner Axe darbietet;*

von A. Fresnel.

(Wiewohl eine kurze Nachricht von jener merkwürdigen Modification des Lichts, welche der verewigte Fresnel mit dem Namen der Circularpolarisation belegt hat, bereits im Bd. XII. (88) S. 390. dieser Annalen gegeben worden ist, so dürfte es doch jetzt, da der Gegenstand durch die vorhergehende Abhandlung ein erneutes Interesse bekommen hat, nicht überflüssig seyn, diese ausführlichere, noch von dem Entdecker selbst in den *Annal. de chim. et de phys. T. XXVIII. p.* 147. bekannt gemachte Darstellung mitzutheilen.)

Noch ehe Hrn. Fresnel die Zweitheilung des Lichts mittelst dieser Doppelbrechung gelungen war, hatte er die unterscheidenden Kennzeichen derselben in einer Notiz über die Doppelbrechung des zusammengedrückten Glases *) vorausgesehen und angegeben. Die Erfahrung hat das Angekündigte bestätigt.

Bevor wir die neuen Erscheinungen beschreiben, müssen wir eine merkwürdige Modification des Lichts kennen lehren, mit welcher sie in inniger Beziehung stehen, und von der Hr. Fresnel die Gesetze in einer am Ende des J. 1817 dem Institute überreichten Abhandlung aufgestellt hat.

Wenn man einen Lichtstrahl, nachdem er polarisirt worden ist, hinter einander zwei totale Reflexionen im Innern eines Glas-Parallelepipeds erleiden läſst, unter einer Incidenz von etwa 54° **) und in einer gegen die

*) Dies. Ann. Bd. XIX. (95.) S. 544.

**) Das Glas-Parallelepiped muſs so geschnitten seyn, daſs die Ein- und Austrittflächen senkrecht gegen den Strahl zu stehen kommen, damit sie auf ihn keine polarisirende Wirkung ausüben.

Digitized by Google

urſprüngliche Polariſationsebene um 45° geneigten Ebene; ſo ſcheint er, wenn man ihn mit einem Kalkſpath-Rhomboëder unterſucht, vollkommen depolariſirt zu ſeyn, d. h. er giebt immer zwei gleich ſtarke Bilder, in welches Azimuth man auch den Hauptſchnitt des Rhomboëders drehen mag. Er unterſcheidet ſich indeſs von dem gemeinen Lichte dadurch, daſs er erſtlich, ſobald er vor ſeinem Eintritt in das Rhomboëder durch ein dünnes Kryſtallblättchen gegangen iſt, zwei farbige Bilder giebt, und zweitens, daſs er alle Kennzeichen des polariſirten Lichtes wieder annimmt, wenn man ihn in einem zweiten Glas-Parallelepiped abermals zwei ſolche totale Reflexionen wie die erſten erleiden läſst, in welchem Azimuthe auch übrigens die neue Reflexionsebene gegen die frühere liegen mag. Das gemeine Licht wird dagegen durch keine Anzahl totaler Reflexionen in ſeinen Eigenſchaften um irgend etwas geändert.

Die Farben, welche das ſo durch zwei totale Reflexionen modificirte Licht in dünnen Kryſtallblättchen entwickelt, ſind ſehr verſchieden von denen, welche das gewöhnliche polariſirte Licht giebt; ſie entſprechen auf dem Farbenkreis von Newton Punkten, die von den durch letzteres Licht erzeugten zwei Ergänzungsfarben gleich weit, d. h. von jeder derſelben um einen Quadranten, abſtehen. Dieſs Kennzeichen, und beſonders das bereits erwähnte, daſs das ſo modificirte Licht nach zwei neuen totalen Reflexionen wieder die Eigenſchaft des polariſirten Lichts annimmt, beweiſen, daſs jenes betrachtet werden kann, als beſtehend aus zwei gegen einander rechtwinklich polariſirten Strahlen, die in ihrem Gange um eine Viertel-Undulation verſchieden ſind.

Mittelſt dieſer theoretiſchen Definition und der für die Interferenz polariſirter Strahlen geltenden Regeln, welche zur Auffindung der allgemeinen Formeln für die gewöhnlichen Farbenerſcheinungen dünner Kryſtallblättchen gedient haben, iſt es Hrn. Freſnel auch leicht gelun-

gen, die besonderen Farben zu berechnen, welche durch diese neue Lichtart in eben den Blättchen hervorgerufen werden. Er ist dadurch zu mehreren sonderbaren Theoremen geführt worden, von denen folgendes am merkwürdigsten ist.

Bringt man ein Krystallblättchen zwischen zwei sich rechtwinklich kreuzende Glas-Parallelepipede, in denen das zuvor polarisirte Licht, unter der Incidenz von $54\frac{1}{2}^{0}$ vier totale Reflexionen erleidet, zwei vor seinem Eintritt in das Blättchen (welches wir als rechtwinklich gegen die Strahlen annehmen), und zwei nach seinem Austritt aus demselben, und dreht man ferner das Blättchen so, daſs seine Axe einen Winkel von 45^{0} macht mit den beiden Reflexionsebenen; so zeigt dieſs System die optischen Eigenschaften der senkrecht gegen die Axe geschnittenen Bergkrystall-Platten, so wie die der Flüssigkeiten, welche das polarisirte Licht färben. Dreht man den Hauptschnitt des Rhomboëders, mit denen man das ausfahrende Licht untersucht, so verändern die beiden Bilder allmälig die Natur ihrer Farbe, statt daſs sie in dem gewöhnlichen Fall bei den dünnen Krystallblättchen nur in der Lebhaftigkeit ihrer Farben eine Veränderung erleiden; die Natur dieser Farben hängt ferner nur ab von der Neigung der ursprünglichen Polarisationsebene gegen den Hauptschnitt des Rhomboëders, d. h. vom Winkel zwischen der ersten und letzten Polarisationsebene. Wenn dieser Winkel constant bleibt, kann man das aus dem Krystallblättchen und den Glas-Parallelepipeden zusammengesetzte System um den hindurchgehenden Strahl beliebig drehen, ohne dadurch die Farbe der Bilder zu verändern *).

*) Die Erfahrung zeigt, daſs, wenn die sonderbaren Farbenerscheinungen der senkrecht gegen die Axe geschnittenen Bergkrystall-Platten vollkommen nachgeahmt werden sollen, die verschiedenen Farbenstrahlen in den besagten Krystallblättchen Doppelbrechungen erleiden müssen, die im umgekehrten Verhältniſs ihrer Undulationslängen stehen.

Digitized by Google

Diese Aehnlichkeit in den optischen Eigenschaften zwischen diesem kleinen Apparat und den senkrecht gegen die Axe geschnittenen Bergkrystall-Platten war es, welche Hrn. Fresnel die Eigenthümlichkeiten derjenigen Doppelbrechung, die der Bergkrystall parallel seiner Axe auf die Strahlen ausübt, vorhersehen lieſs.

Um diese Doppelbrechung augenfällig zu machen, schnitt Hr. Fresnel aus einer Bergkrystall-Säule ein sehr stumpfes Prisma, dessen brechender Winkel 152° betrug, und das mit seinen beiden Seiten gleich geneigt war gegen die Axe der Säule. Er achromatisirte es dann bestmöglich durch zwei auf die Ein- und Austrittsfläche geklebte Halbprismen von Glas. Die beiden Bilder, welche er dadurch erhielt, besaſsen wirklich die vorausgesehenen Eigenschaften. Da indeſs der Achromatismus, den dieses Verfahren giebt, immer nur sehr unvollkommen ist, so ersetzte Hr. Fresnel die beiden Halbprismen von Glas durch zwei Halbprismen von Bergkrystall, geschnitten aus einer andern Säule, deren optische Eigenschaften die umgekehrten von den der ersten waren. Nun folgt aus den Formeln, durch welche Hr. Fresnel die Farbenerscheinungen des Terpentinöls und der gegen die Axe senkrechten Bergkrystall-Platten dargestellt hat, daſs der erwähnte Gegensatz davon herrührt, daſs derjenige der beiden Lichtbündel, welcher gewisse Platten schneller durchläuft, in anderen Platten der langsamer gehende ist. Weil demnach der Lichtbündel, welcher in dem mittleren Prisma weniger gebrochen wird, der stärker gebrochene in den beiden äuſsern Halbprismen ist, überdieſs die brechenden Winkel dieser umgekehrt gegen den Winkel des mittleren Prisma's liegen, so begreift man, daſs die erzeugten kleinen Divergenzen diejenige, welche aus dem dazwischen liegenden Prisma entspringt, verstärken, statt sie zu vermindern, wie es der Fall seyn würde, wenn die drei Prismen aus *einer* Säule oder aus Säulen gleicher Natur geschnitten worden wären.

Digitized by Google

Dieser Apparat hat den groſsen Vorzug, daſs er eines vollkommenen Achromatismus fähig ist, oder daſs er jede nicht zur Doppelbrechung gehörige Dispersion von Farbenstrahlen verhindert, und direct zu bestätigen erlaubt, was Hr. Fresnel in einer zu Anfange des Jahres 1818 dem Institute überreichten Abhandlung ausgesprochen hat, nämlich, daſs diese Doppelbrechung auf die verschiedenen Farbenstrahlen mit sehr verschiedener Stärke wirkt, weit stärker auf die violetten Strahlen als auf die rothen. Es ist fast unnöthig zu bemerken, wie es nothwendig sey, daſs die beiden Halbprismen ihre Krystallaxen in der Verlängerung der Axe des intermediären Prisma's liegen haben, und daſs die Lichtstrahlen den Apparat in der gemeinschaftlichen Richtung dieser Axen durchlaufen oder wenigstens nur sehr kleine Winkel mit ihr machen; denn, wenn sie sich um ein Beträchtliches von derselben entfernten, würden sie die gewöhnliche und weit stärkere Doppelbrechung erleiden, welche der Krystall senkrecht gegen seine Axe ausübt. Das Auseinanderweichen der beiden Bilder macht man merklicher, wenn man die Anzahl der Prismen vermehrt.

Die beiden divergirenden Lichtbündel, welche man auf diese Weise erhält, man mag nun polarisirtes oder gewöhnliches Licht angewandt haben, zeigen wie es Hr. Fresnel vorausgesagt hatte, genau dieselben charakteristischen Eigenschaften, welche das durch zwei totale Reflexionen modificirte Licht besitzt. Wenn man sie mit einem Kalkspath-Rhomboëder untersucht, giebt jeder von ihnen zwei Bilder von gleicher Stärke; und, wenn man sie unter der Incidenz $54\frac{1}{2}^{\circ}$ zwei totale Reflexionen im Innern eines Glas-Parallelepipeds erleiden läſst, sind sie vollständig polarisirt nach Ebenen, die um 45° gegen die Reflexionsebene neigen. Die Polarisationsebene des einen Bündels liegt rechts, die des andern links von der Reflexionsebene. Der erste Bündel ist also durchaus dem durch zwei totale Reflexionen mo-

dificirten Licht ähnlich, dessen Reflexionsebene links von der Ebene der ursprünglichen Polarisation befindlich gewesen wäre, und der andere Bündel verhält sich so, wie wenn die Ebene dieser beiden totalen Reflexionen rechts von der ursprünglichen Polarisationsebene gelegen hätte. Mit anderen Worten: Jeder der beiden zum Prisma hinaustretenden Lichtbündel kann betrachtet werden, als bestehend aus zwei Wellensystemen, die gegen einander rechtwinklich polarisirt, und in ihrem Gange um eine Viertel-Undulation von einander verschieden sind. In dem ersteren Bündel hat das Wellensystem, welches um eine Viertel-Undulation voraus ist, seine Polarisationsebene links liegen von der des nachfolgenden Wellensystems; in dem andern Bündel liegt dagegen die erstere Polarisationsebene rechts von der zweiten. Mit einem Wort, die optischen Eigenschaften beider Bündel sind gleich, nur liegen sie gegen einander umgekehrt, und dieſs bewirkt, daſs der eine sich so von der Rechten zur Linken verhält, wie der andere von der Linken zur Rechten. Erwägt man überdieſs, daſs ein so modificirter Strahl, von welcher Seite man ihn auch nehme, keine Verschiedenheit in seinen Reflexionen oder Refractionen zeigt, während der Strahl, welcher die gewöhnliche Polarisation erlitten hat, senkrecht gegen seine Polarisationsebene ganz andere Eigenschaften wie in Richtung dieser Ebene darbietet, so wird man natürlich darauf geführt, dieser neuen Modification des Lichts den Namen *Circular-Polarisation* zu geben, sie in Circularpolarisation von rechts nach links und Circularpolarisation von links nach rechts einzutheilen, und diejenige Polarisation, welche Huygens zuerst bei der Doppelbrechung des Kalkspaths wahrgenommen, und Malus durch bloſse Reflexion von der Oberfläche durchsichtiger Körper hervorgebracht hat, mit dem Namen der *geradlinigen Polarisation* zu belegen.

Noch natürlicher entspringen diese Benennungen aus

Digitized by Google

der Hypothese, welche Hr. Fresnel über die Natur der Lichtvibrationen aufgestellt und in den *Annal. de chimie et de physique*, *T. XVII. p.* 179. *etc.*, bekannt gemacht hat *). Er nimmt an, daſs die Lichtvibrationen in der Ebene der Wellen selbst, senkrecht auf die Richtung der Strahlen geschehen, und daſs ein Lichtbündel polarisirt ist, wenn seine Vibrationen immer in gleicher Richtung geschehen, seine Polarisationsebene diejenige Ebene ist, gegen welche die kleinen Schwingungsbewegungen der Aethertheilchen immer senkrecht bleiben. Daraus folgt, daſs, wenn zwei Wellensysteme von gleicher Stärke, die gegen einander rechtwinklich polarisirt sind, d. h. deren Schwingungsbewegungen senkrecht auf einander geschehen, in ihrem Gange um eine Viertel-Undulation von einander verschieden sind, die zusammengesetzte Bewegung, welche jedes Molecul dadurch erhält, nicht mehr geradlinig ist, wie in den beiden Lichtbündeln einzeln genommen, sondern kreisförmig und mit gleichförmiger Geschwindigkeit begabt. Die Molecule drehen sich von der Rechten zur Linken, wenn das vordere Wellensystem seine Polarisationsebene rechts liegen hat von der des um eine Viertel-Undulation zurückbleibenden Wellensystems; dagegen drehen sie sich von der Linken zur Rechten, sobald die erstere Ebene links von der zweiten liegt, oder, falls die beiden Polarisationsebenen den ersten Fall darbieten, sobald der Unterschied im Gange drei Viertel-Undulationen beträgt **). Bei dieser allge-

*) Dieser schon früher mehrmals erwähnte Aufsatz soll gelegentlich mitgetheilt werden. *P.*

**) Wenn der Unterschied im Gange der Wellensysteme, statt einer geraden oder ungeraden Anzahl von Viertel-Undulationen, eine Bruchzahl wäre, so würden die Schwingungsbewegungen weder geradlinig noch kreisförmig, sondern *elliptisch* seyn. Man bringt diese Schwingungsart hervor, wenn man die Anzahl oder den Einfallswinkel der totalen Reflexionen, welche der polarisirte Strahl erleidet, verändert. Man kann auch diese intermediäre Modification durch zwei totale Reflexionen bei dem inneren Einfalls-

Digitized by Google

meinen Drehung der Molecule um ihre Gleichgewichtslage ist einzusehen, daſs sie, wegen der fortschreitenden Bewegung der Wellen, nicht immer in demselben Augenblick dieselben Punkte in den von ihnen beschriebenen Kreisen einnehmen. Um sich ihre relativen Lagen vorzustellen, muſs man bedenken, daſs die Molecule, welche im Gleichgewichtszustande auf einer und derselben dem Strahle parallelen Geraden lagen, sich nun auf einer um diese Linie als Axe sehr gerad gewundenen Schraubenlinie befinden, deren Gänge die Länge einer Undulation haben. Dreht man nun diese Schraubenlinie um ihre Axe mit einer gleichförmigen Bewegung, und zwar so, daſs sie in der Zeit, während welcher eine Lichtundulation vollbracht wird, einen Umlauf beschreibt, und erwägt man überdieſs, daſs, in jedem unendlich dünnen Querschnitt senkrecht auf dem Strahl, alle Molecule dieselben Bewegungen machen und ihre Lagen zu einander behalten; so hat man eine genaue Vorstellung von der Vibrationsart, welche, nach der obigen Hypothese, die Circularpolarisation ausmacht.

Allein abgesehen von jeder Hypothese über die Natur der Lichtvibrationen folgt aus den Thatsachen und den allgemeinen Gesetzen der Interferenz polarisirter Strahlen: 1) Jeder der beiden Lichtbündel, welche durch die längs der Axe des Bergkrystalls wirkende Doppelbrechung von einander getrennt werden, läſst sich betrachten als bestehend aus zwei gegen einander rechtwinklich polarisirten und im Gange um eine Viertel-Undulation verschiedenen Wellensystemen, wobei die Polarisationsebene des vorderen Wellensystems in dem einen Bündel rechts, und in dem andern links liegt von der Polarisationsebene

winkel $54\frac{1}{2}°$ erhalten, wenn man das Azimuth der Reflexionsebene, welches wir zu 45° gegen die ursprüngliche Polarisationsebene angenommen haben, verändert. Die Rechnung zeigt, daſs die beschriebenen Curven in diesem Falle auch noch Ellipsen sind.

Digitized by Google

des hinteren Wellensystems. 2) Diese beiden Lichtbündel durchlaufen den Bergkrystall nicht mit gleicher Geschwindigkeit in Richtung seiner Axe, vielmehr ist die Geschwindigkeit, nach der Natur des Bergkrystalls, bald bei dem von rechts nach links circular polarisirten, bald bei dem von links nach rechts polarisirten etwas gröſser als bei dem andern, doch ist der Unterschied in der Geschwindigkeit in beiden Fällen gleich. Damit ein solcher Unterschied in dem Gange dieser beiden Lichtbündel stattfinden könne, muſs begreiflicherweise der Krystall, obgleich sonst rings um seine Axe alles gleich ist, vermöge der Anordnung seiner Theilchen oder deren individuellen Constitution, von der Rechten zur Linken nicht so wie von der Linken zur Rechten beschaffen seyn.

Dieſs vorausgesetzt, wollen wir nun betrachten, was geschieht, wenn man einen polarisirten Strahl parallel der Axe in den Krystall eindringen läſst. Es folgt aus den Interferenzgesetzen (oder aus dem allgemeinen Principe der Zusammensetzung kleiner Bewegungen, im Fall man die besprochene Hypothese annimmt), daſs ein geradlinig polarisirtes Wellensystem ersetzt werden kann durch zwei andere unter sich rechtwinkliche und in ihrem Gange zusammenfallende Systeme, und daſs man für jedes von diesen wiederum zwei andere Wellensysteme substituiren kann, welche eine und dieselbe Polarisationsebene haben, in ihrem Gange aber um eine Viertel-Undulation verschieden sind, indem das eine um eine Achtel-Undulation voraus, das andere um eben so viel zurück ist. Dieſs giebt vier gleich starke Wellensysteme, von denen zwei, unter sich rechtwinklich polarisirte, um eine Viertel-Undulation zurückstehen gegen die beiden andern, nach denselben Ebenen polarisirten Systemen. Wenn man sich nun jedes der beiden hinteren Wellensysteme mit dem der beiden vorderen Wellensysteme, welches nach senkrechter Richtung polarisirt ist, combinirt denkt, so sieht man, daſs man zwei gleiche Lichtbündel hat, die circular polarisirt

Digitized by Google

sind, der eine von der Rechten zur Linken, der andere von der Linken zur Rechten, welche noch nicht in ihrem Gange verschieden sind. Zwei Lichtbündel dieser Art durchlaufen aber den Bergkrystall parallel seiner Axe mit verschiedener Geschwindigkeit; ist nun der Krystall zu einem Prisma geschnitten, und begegnen die Bündel die Ein- und Austrittsfläche unter schiefer Incidenz, so werden sie nach verschiedenen Richtungen gebrochen, weil eine Verschiedenheit in der Geschwindigkeit nothwendig eine Verschiedenheit in der Brechung nach sich zieht, und so geben sie zwei getrennte Bilder von gleicher Intensität.

Wenn es eine senkrecht gegen die Axe geschnittene Platte ist, welche der polarisirte Strahl durchläuft, so werden die beiden Lichtbündel, was ihre Richtungen betrifft, nicht von einander getrennt, nur wird der eine den andern um eine kleine, proportional mit der Länge der Bahn wachsende Gröſse vorauslaufen. Aus denselben Interferenzgesetzen ist nun leicht zu ersehen, daſs diese beiden Lichtbündel, von denen einer von der Rechten zur Linken, der andere von der Linken zur Rechten circular polarisirt ist, zusammen immer ein geradlinig, nach einer einzigen Richtung polarisirtes Wellensystem wieder erzeugen, welchen Unterschied im Gange sie auch besitzen mögen, und daſs dieser Gang-Unterschied nur eine ihm proportionale Winkelablenkung in der Polarisationsebene des zur Platte hinaustretenden complexen Lichtes bewirkt; eine Ablenkung, die von der Rechten zur Linken oder von der Linken zur Rechten geschieht, je nachdem der vorangehende Lichtbündel von der Linken zur Rechten oder von der Rechten zur Linken circular polarisirt ist.

Erlitten alle Farbenstrahlen, aus denen das weiſse Licht besteht, diese Doppelbrechung in gleichem Grade, d. h. wäre der Unterschied in dem Gange der beiden Lichtbündel nach Durchlaufung einer gleichen Strecke im Krystall gleich für die verschiedenen Farbenstrahlen, so

Digitized by Google

würde die Ablenkung der Polarisationsebene sich umgekehrt wie die Undulationslänge verhalten, wie man durch die Interferenzformeln findet. Allein diese Doppelbrechung ist im Gegentheil sehr ungleich für die verschiedenen Farbenstrahlen, wie man direct beobachten kann, und es scheint, daſs sie sich umgekehrt wie die Undulationslänge verhält, oder, mit andern Worten, daſs der kleine Unterschied in dem Gange der beiden in entgegengesetztem Sinn circular polarisirten Strahlen gleich ist für eine gleiche Zahl von Wellen, wie groſs auch die Undulationslänge seyn mag; denn es folgt aus dieser Annahme, daſs die Ablenkung der Polarisationsebene des ausfahrenden Lichts sich umgekehrt wie das Quadrat der Undulationslänge eines jeden Farbenstrahls verhalten muſs, übereinstimmend mit den Beobachtungen des Hrn. Biot.

Der Unterschied in der Ablenkung der Polarisationsebenen der verschiedenen Farbenstrahlen ist die Ursache der Farbenerscheinungen, welche man bemerkt, wenn man einen polarisirten Strahl weiſsen Lichts nach seinem Durchgange durch eine senkrecht gegen die Axe geschnittene Bergkrystall-Platte mit einem Kalkspath-Rhomboëder untersucht. Die verschiedenen Farbenstrahlen, aus denen das ausfahrende Licht besteht, können sich offenbar, da sie nach verschiedenen Azimuthen polarisirt sind, nicht in gleichem Verhältniſs unter dem gewöhnlichen und ungewöhnlichen Bilde vertheilen, und diese müssen folglich complementare Farben zeigen. Da das directe Licht aus einer Unendlichkeit rasch auf einander folgender, nach allen Richtungen geradlinig polarisirter Wellensysteme besteht, so gilt von jedem dieser Systeme dasselbe, was von einem einzigen polarisirten Strahl gesagt worden ist, und es muſs sich wie dieser verhalten. Daſs die beiden Bilder nicht gefärbt sind, rührt alleinig davon her, daſs die Wirkungen, welche die nach verschiedenen Richtungen hin unter sich rechtwinklich polarisirten Strahlen hervorbringen, sich aufheben und gegenseitig verdecken.

Digitized by Google

Die so eben gegebene Erklärung von den optischen Eigenschaften der senkrecht gegen die Axe geschnittenen Bergkrystall-Platten, welche auch auf die im polarisirten Lichte Farben entwickelnden Flüssigkeiten angewandt werden kann, weicht, wie man sieht, von der des Hrn. Biot nur darin ab, daſs wir nicht bei bloſser Beobachtung der Polarisationsebene des zur Krystallplatte hinaustretenden complexen Lichtes stehen bleiben, sondern zurückgehen zu den beiden, im entgegengesetzten Sinne circular polarisirten Wellensystemen, aus denen dieſs totale Licht zusammengesetzt ist. Die Erklärung des Hrn. Fresnel hat den Vorzug, daſs sie diese Phänomene, gleichwie die Färbung der parallel mit der Axe geschnittenen dünnen Krystallblättchen, zurückführt auf bloſse Unterschiede in dem Gange der beiden Lichtbündel, welche in gleicher Richtung gehen. Sie zeigt unmittelbar, weshalb ein Lichtbündel, dem man durch irgend eine der vorhergenannten Methoden Circular-Polarisation eingeprägt hat, nicht mehr Farben entwickeln kann, wenn er durch Bergkrystall parallel mit der Axe oder durch Terpentinöl geht, nämlich deshalb, weil er daselbst nur einzige Geschwindigkeit annimmt. Aus demselben Grunde bringt er beim Durchgange durch das vorhin beschriebene achromatisirte Prisma nur ein einziges Bild hervor; während er mit einem Kalkspath-Rhomboëder immer zwei Bilder von gleicher Stärke giebt. Aus demselben Principe folgt, daſs wenn man einen directen oder geradlinig polarisirten Lichtstrahl durch irgend eine Anzahl solcher Prismen gehen läſst, man immer zwei Bilder von gleicher Stärke bekommt, in welches Azimuth man auch diese Prismen drehen mag. Bei der gewöhnlichen Doppelbrechung kann jedes Prisma die Zahl der von den vorhergehenden Prismen erzeugten Bilder verdoppeln. Die beiden aus dieser eigenthümlichen Doppelbrechung entspringenden Bündel, welche in den senkrecht gegen die Axe geschnittenen Bergkrystall-Platten oder in Terpentinöl keine Farben zu entwickeln vermö-

Digitized by Google

gen, erzeugen dagegen sehr lebhafte in den parallel der Axe geschnittenen dünnen Blättchen, und diese Farben sind genau denen gleich, welche man mit dem durch zwei totale Reflexionen modificirten Lichte erhält, wie auch nach den bereits erwähnten experimentellen Beweisen über die Identität der Eigenschaften des in beiden Fällen erhaltenen Lichts nicht anders als zu erwarten stand. Man erhält demnach die Circular-Polarisation durch zwei analoge Verfahrungsarten, wie die, welche man zur Erlangung der geradlinigen Polarisation anwendet; die erste besteht in einer Combination von Reflexionen, die andere in der Theilung des Lichts in zwei geschiedene Bündel durch eine eigenthümliche Doppelbrechung.

Nachtrag.

In dem vorhergehenden Aufsatz wurde gesagt, daſs es Varietäten des Bergkrystalls giebt, die in Richtung ihrer Axe entgegengesetzte optische Eigenschaften zeigen. In der Idee, daſs diese Verschiedenheit in einer Beziehung stehe zu der Structur der Krystalle, untersuchte Hr. Herschel vor einigen Jahren diejenige Varietät, welche von Haüy Plagièdre genannt wurde, und welche unsymmetrische Flächen x, x, x, x', x', x' (Taf. III. Fig. 8.) besitzt, die um den Scheitel A immer nach *einer* Richtung hinliegen, an gewissen Individuen sämmtlich nach der *Rechten*, an andern sämmtlich nach der *Linken*. Hr Herschel untersuchte dreiundfunfzig solcher Krystalle, und fand, daſs die Richtung, in welche sie die Polarisationsebenen drehen, ohne Ausnahme immer diejenige ist, in welcher die plagiedrischen Flächen um den Krystall liegen. Aus dieser wichtigen Thatsache schlieſst Hr. Herschel, daſs diese Flächen durch dieselbe Ursache erzeugt worden sind, welche an einem parallel mit der Axe durch

den

Digitized by Google

den Krystall gehenden Lichtstrahl die Drehung der Polarisationsebene bewirkt.

Hr. Herschel machte auch bei dieser Gelegenheit die Bemerkung, daſs die Zahl derjenigen Krystalle, an welchen die plagiedrischen Krystalle nach der *Linken* geneigt sind, sich zur Zahl derjenigen, wo sie *rechter Hand* liegen, nahe wie *zwei* zu *ein* verhält. (*Memoirs of the Cambridge Society*, *Vol. I. No.* 1. *Edinb. Phil. Journ. Vol. IV. p.* 371. 433. und *Vol. VI. p.* 379.)

Hr. Biot, welcher zuerst den Gegensatz in den optischen Eigenschaften gewisser Quarzkrystalle auffand, indem er bemerkte, daſs in den senkrecht gegen die Axe geschnittenen Platten bei einigen Individuen die Farben in der Skale hinabsanken, wenn er das analysirende Prisma von der Rechten zur Linken, in andern, wenn er es von der Linken zur Rechten drehte, stellte die Hypothese auf, die Fähigkeit das Licht circular zu polarisiren, sey eine den letzten Theilchen der Kieselerde innewohnende Eigenschaft. Dieſs ist aber nicht der Fall, denn als Hr. Herschel eine Portion von einem plagiedrischen Krystall, welcher die unsymmetrischen Flächen nach der Linken gewandt hatte, in Kalilauge auflöste, zeigte diese Lösung keine Circular-Polarisation. Dasselbe Resultat erhielt Hr. Brewster mit einem vom Dr. Hope vor dem Knallgasgebläse geschmolzenen Stück Kieselerde von 0,2 Zoll Länge und 0,13 Zoll Breite. Er brachte dasselbe in eine Flüssigkeit von gleicher Brechkraft, so daſs er polarisirtes Licht in jeder Richtung durch dasselbe leiten konnte, und auf diese Weise fand er, daſs es weder die gewöhnliche noch die circulare Polarisation zeigte, und nicht mehr Wirkung auf das Licht hatte als ein wohl abgekühltes Stück Glas. Hr. Brewster überzeugte sich auch bei einer anderen Gelegenheit, daſs weder der *Opal* noch der *Tabasheer* (dies. Ann. Bd. XIII. S. 522.) dem Lichte Circular-Polarisation zu ertheilen vermag. Am Amethyst entdeckte endlich Hr. Brewster

die sonderbare Thatsache, daſs gewisse Adern das Licht von rechts nach links, andere dagegen von links nach rechts circular polarisiren, während die dazwischen liegenden Theile durchaus keine polarisirende Wirkung ausüben. (*Edinburgh. Phil. Transact. Vol. IX. p.* 139.)

V. *Ueber die Polarisationswinkel am Kalkspath. von August Seebeck.*

In einem Aufsatze in Bd. 96. St. 1. dieser Annalen habe ich die Resultate meiner Messungen über den Zusammenhang zwischen Brechungsvermögen und Polarisationswinkel an Körpern von einfacher Stralenbrechung mitgetheilt, und gezeigt, daſs an diesen Körpern sich das von Brewster gefundene Gesetz, daſs die Tangente des Polarisationswinkels dem Brechungsindex gleich sey, so vollkommen bestätigt, als dieſs bei den Mängeln der Beobachtung nur immer erwartet werden kann, wofern man nur Sorge trägt, die spiegelnde Oberfläche vollkommen rein und mit der ganzen Substanz gleichartig zu erhalten, daſs aber, wie begreiflich, jede, auch die leiseste Verunreinigung oder chemische Veränderung dieser Oberfläche eine Aenderung des Polarisationswinkels zur Folge haben, folglich jenen Zusammenhang mit dem Brechungsvermögen verdecken und scheinbare Ausnahmen von dem Gesetze veranlassen müsse. Ich habe jedoch bereits in dem genannten Aufsatze angeführt, daſs jenes Gesetz der Tangenten nur auf Körper von *einfacher* Stralenbrechung zu beschränken sey, indem an Substanzen von *doppelter* Stralenbrechung ein so einfaches Gesetz weder erwartet werden darf, noch bei genauerer Untersuchung sich zeigt, sondern der Polarisationswinkel, je nach der Lage der spiegelnden Fläche und der Spiegelungsebene, gegen

Digitized by Google

die optischen Axen der Krystalle beträchtlich verschieden ausfällt. Diese Differenzen waren Malus, welcher den Polarisationswinkel am Kalkspath gemessen hat, gänzlich entgangen, und er sagt (*Théorie de la double Réfr. p.* 241.), der Kalkspath verhalte sich in dieser Beziehung wie ein gewöhnlicher durchsichtiger Körper. Hierauf hatte sich wahrscheinlich Brewster gestützt, als er das Gesetz der Tangenten anfangs (in einer Abhandlung in den *Philos. Transact.* 1815) auf die doppeltbrechenden Körper ausdehnte. Doch in einer spätern Abhandlung (*Philos. Transact.* 1819) hat Brewster selbst durch einige Messungen am Kalkspath und Rothbleierz das Vorhandenseyn solcher Differenzen nachgewiesen. Dasselbe hatte sich mir bei einer vorläufigen Untersuchung am Kalkspath bestätigt. Gegenwärtig habe ich genauere Messungen über diesen Gegenstand angestellt.

Diese erstrecken sich bis jetzt nur auf den Kalkspath, welcher zur ersten Untersuchung vorzugsweise geeignet scheint. Denn da für das Gesetz, durch welches die Polarisationswinkel an doppeltbrechenden Körpern bestimmt werden, eine gröſsere Einfachheit an Körpern mit *einer* Axe der doppelten Stralenbrechung zu erwarten ist, als an denen mit zwei solchen Axen, so glaubte ich, auf jene, die einaxigen, zuerst meine Aufmerksamkeit richten zu müssen. Unter den zu dieser Klasse gehörenden Körpern aber lieſs der Kalkspath bei seiner starken doppelten Stralenbrechung auch beträchtlichere Differenzen der Polarisationswinkel erwarten, als andere; zugleich läſst er bei seiner vollkommenen Durchsichtigkeit eine sehr genaue Bestimmung seiner lichtbrechenden Kräfte zu, und endlich ist er leicht in solchen Quantitäten zu haben, daſs man alle Untersuchungen an Stücken eines und desselben Exemplars anstellen kann.

Es hat sich aber die Untersuchung nicht blos darauf zu beschränken, die *Einfallswinkel* zu bestimmen, bei welchen die vollkommenste Polarisation erfolgt, sondern

Digitized by Google

es tritt zugleich ein anderer merkwürdiger Umstand ein. Wird nämlich ein Lichtstral durch Spiegelung von der Oberfläche eines Körpers von *einfacher* Stralenbrechung polarisirt, so fällt seine Polarisationsebene bekanntlich immer genau mit der Spiegelungsebene zusammen. Bei den Körpern von *doppelter* Stralenbrechung ist dieſs nicht genau der Fall, sondern jene beiden Ebenen schlieſsen, je nach der Lage der optischen Axe oder Axen einen gröſseren oder kleineren Winkel mit einander ein. Brewster, der diesen Umstand am Kalkspath entdeckt und in der erwähnten Abhandlung von 1819 beschrieben hat, findet, daſs eine solche Ablenkung der Polarisationsebene von der Spiegelungsebene nur dann merklich erfolgt, wenn der Lichtstral nicht aus Luft, sondern aus einer stärker brechenden Flüssigkeit auf die Oberfläche des Kalkspaths tritt. Mit Cassiaöl, dessen Brechungsindex dem der ordinären Brechung am Kalkspath ziemlich gleich kommt, hat Brewster die beträchtlichsten Ablenkungen erhalten, so daſs unter gewissen Umständen jene beiden Ebenen selbst rechtwinklig gegen einander standen. Mit andern Flüssigkeiten erhielt er ähnliche, jedoch schwächere Wirkungen. Er giebt auch ein Gesetz für die Stärke dieser Ablenkung, welches jedoch, soviel als ich es beurtheilen kann, nicht wohl allgemein gültig seyn, sondern nur für gewisse besondere Fälle statt haben kann. Ich habe jedoch diese merkwürdigen Versuche in der Form, wie Brewster sie angestellt hat, noch nicht wiederholt. Nur soviel habe ich beobachtet, daſs ähnliche, obgleich sehr viel schwächere Ablenkungen auch ohne eine Flüssigkeit erfolgen, wenn der Stral aus *Luft* auf den Kalkspath kommt, was mir um so mehr auffiel, da Brewster gerade in diesem Falle sie zuerst gesucht und nicht gefunden hatte. Sie betragen zuweilen mehrere Grade, und ich habe dieselben an ganz frischen Bruchflächen gefunden, wo also auf keine Weise zu besorgen war, daſs etwa eine zufällige Verunreinigung der Oberfläche das bewirken möchte,

Digitized by Google

was bei Brewster die *absichtlich* auf die Fläche gebrachte Flüssigkeit bewirkte. Diese Ablenkung zeigt sich mehr oder weniger in allen den Fällen, wo der Hauptschnitt nicht der Spiegelungsebene parallel ist.

Ich beabsichtige genauere Messungen über diesen Gegenstand anzustellen, welcher einen wesentlichen Theil der Untersuchung über die Polarisation durch Spiegelung an doppeltbrechenden Körpern ausmacht. Bis jetzt aber erstreckt sich meine Untersuchung nur auf Messung der *Einfallswinkel*, bei welchen die vollkommenste Polarisation durch Spiegelung erfolgt. Ehe ich die Ergebnisse derselben mittheile, werde ich anführen, was Brewster über denselben Gegenstand bereits ermittelt hat. Die von ihm erhaltenen Resultate werden durch die meinigen theils bestätigt, theils etwas modificirt, theils erweitert und vervollständigt.

Brewster hat nämlich in dieser Beziehung gefunden, daſs die Verschiedenheit des Polarisationswinkels abhängt von der Neigung der spiegelnden Fläche gegen die Axe und von dem Winkel, welchen der Hauptschnitt der Fläche mit der Spiegelungsebene bildet. Bezeichnet man den Winkel, welchen die Fläche mit der Axe macht, durch $90° - \lambda$, und den Winkel, welchen der Hauptschnitt mit der Spiegelungsebene einschlieſst, durch π, so kann man sich ausdrücken: der Polarisationswinkel ist eine Function von λ und π. Es kommt nun darauf an, die Form dieser Function zu entwickeln. Brewster hat eine Form derselben nach π, nicht aber nach λ gegeben. Er hat nämlich, weil er geschliffene Flächen nicht für geeignet zur Untersuchung hielt, nur auf zweierlei Flächen Messungen angestellt, auf der natürlichen Bruchfläche und auf einer natürlichen Krystallfläche, die einen sehr scharfen Dodecaëder (Dreiunddreikantner), von etwa 5° Neigung gegen die Axe, angehört, also nur für zwei Werthe von λ, 45° und 5° etwa. Dieſs reicht nicht hin, um zu zeigen, nach welchem Gesetze der Polarisations-

winkel sich ändert, wenn λ geändert wird. — Auf der natürlichen Bruchfläche hat Brewster den Polarisationswinkel gemessen, als die kurze Diagonale, die lange Diagonale und die Kante der Spiegelungsebene parallel war, d. h. für $\pi = 0$, $\pi = 90^\circ$ und einem mittleren Werth von π (etwa $52^\circ \frac{1}{2}$). Bezeichnet man nun den Polarisationswinkel für $\pi = 0^\circ$ mit α, für $\pi = 90^\circ$ mit β, und für irgend einen dazwischenliegenden Werth von π mit φ, so findet Brewster aus den Beobachtungen in jenen drei Fällen:

$$\varphi = \alpha + \sin^2 \pi (\beta - \alpha),$$

wodurch man im Stande ist, aus zwei auf einer Fläche gemessenen Polarisationswinkeln die übrigen für dieselbe Fläche durch eine Interpolation zu finden. — Dieſs sind die Resultate, welche Brewster aus seinen Messungen ableitet.

Ich hatte mir also die Aufgabe zu stellen, die Versuche so zu vermannigfaltigen, daſs sich daraus ergebe: 1) ob die eben angeführte Formel von Brewster genau und für alle Flächen gültig sey, 2) daſs sich daraus das Gesetz ergebe, wonach die Polarisationswinkel mit wachsendem λ entweder wachsen oder abnehmen, wodurch man dann im Stande seyn würde, die Polarisationswinkel für jede Fläche durch eine Interpolation etwa aus den für $\lambda = 0^\circ$ und $\lambda = 90^\circ$ stattfindenden zu berechnen; da aber auch dann noch der Ausdruck des jedesmaligen Polarisationswinkels die Werthe der in einigen Hauptfällen statthabenden Polarisationswinkel enthalten würde, so ist 3) auch noch für die Winkel dieser Hauptfälle ein Ausdruck zu finden, welcher, wie zu vermuthen steht, von dem Index der ordinären und dem der extraordinären Brechung abhängen wird. Hieraus würde sich sodann eine allgemeine Form für den Werth des Polarisationswinkels ergeben, ausgedrückt durch die beiden veränderlichen Gröſsen λ und π und die beiden Constanten, den Index der ordinären und der extraordinären

Brechung. Diese Aufgabe so zu lösen, daſs kein Zweifel über die vollkommene Richtigkeit des Gesetzes stattfinden könne, und dasselbe nicht etwa noch zu modificiren sey, ist nicht leicht, und ich betrachte auch das aus meinen Messungen abgeleitete Resultat nur als ein mehr oder weniger wahrscheinliches, welches jedoch durch fortgesetzte Untersuchung noch hie und da Modificationen erleiden mag. Ein solches Gesetz wird nämlich mit um so gröſserer Sicherheit abgeleitet werden können, je weniger die durch das *Gesetz* bedingten Differenzen der einzelnen Werthe durch die von den *Beobachtungsfehlern* herrührenden entstellt werden, d. h. je gröſser jene und je kleiner diese sind. Nun beträgt einerseits die gröſste zwischen den Polarisationswinkeln am Kalkspath vorkommende Differenz nur etwa 6½ Grad; andererseits aber müssen die zufälligen Beobachtungsfehler hier beträchtlicher ausfallen, als bei meinen früheren Messungen an einfach brechenden Körpern. Dort nämlich lag (unter Voraussetzung vollkommener Reinheit der Oberflächen) eine mögliche Fehlerquelle in der Bestimmung des Brechungsindex, welche jedoch wohl von keinem merklichen Einfluſs auf die Resultate gewesen seyn mag, und eine zweite in der Bestimmung des Polarisationswinkels, vor welcher ich mich durch beträchtliche Zahl der Messungen möglichst zu sichern gesucht habe, welche jedoch wohl die Hauptursache der noch übrigbleibenden kleinen Differenzen zwischen den berechneten und beobachteten Polarisationswinkeln gewesen seyn mag. Zu diesen beiden Fehlerquellen kommen bei der Beobachtung am doppeltbrechenden Körper noch ein paar neue hinzu. Da nämlich der Werth des Polarisationswinkels von der Neigung der Fläche gegen die Axe, von λ abhängt, so wird ein Fehler in der Bestimmung dieser Gröſse auf die Berechnung Einfluſs haben. Dieser wird aber nur sehr gering seyn, da sich mit den Hülfsmitteln der Krystallmessung der Werth von λ für jede Fläche mit einer hinrei-

Digitized by Google

chenden Genauigkeit bestimmen läſst. Sehr viel geringer ist dagegen die Genauigkeit, mit welcher ich π, den Winkel zwischen Hauptschnitt und Spiegelungsebene, habe bestimmen können, und dieſs mag in einigen Fällen nicht ohne merklichen Einfluſs auf die Berechnung gewesen seyn. Wegen dieser neuen Fehlerquellen hatte ich gleich anfangs, als ich die Untersuchung begann, erwartet, daſs, auch im Falle das richtige Gesetz für die Werthe der Polarisationswinkel gefunden wäre, doch die Differenzen zwischen den darnach berechneten und den unmittelbar beobachteten Werthen gröſser ausfallen würden, als dieſs früher bei den einfachbrechenden Substanzen der Fall war. Ich stieſs aber bei der Untersuchung noch auf eine andere Schwierigkeit, auf welche ich nicht gerechnet hatte.

Zu einer Untersuchung nämlich, wie die beabsichtigte, kann keine Fläche geeigneter seyn, als die natürliche Bruchfläche am Kalkspath, weil man sie in jedem Augenblicke ganz frisch und so eben erhalten kann, als hiezu erforderlich ist. Dagegen habe ich die natürlichen Krystallflächen nicht anwenden zu können geglaubt, weil deren Oberflächen sehr leicht im Lauf der Zeit eine Veränderung erlitten haben können. Ich muſste daher, um für λ die nöthige Mannigfaltigkeit der Werthe, d. h. Flächen von verschiedenen Neigungen gegen die Axe zu erhalten, gröſstentheils geschliffene Flächen zu den Messungen anwenden. Bei der Untersuchung der einfachbrechenden Körper nun hatte ich mich der vollkommenen Reinheit der Oberflächen und ihrer Gleichartigkeit mit der ganzen Masse nur dadurch versichern können, daſs ich die Flächen selbst schliff und polirte, und dabei sorgsam alle Verunreinigung vermied. Ich glaubte anfangs sicher zu gehen, wenn ich den Kalkspath beim Schleifen und Poliren ganz eben so wie jene behandelte, und hatte bereits für eine beträchtliche Anzahl von Fällen die Messungen angestellt, als ich entdeckte, daſs bei

Digitized by Google

dem angewandten Verfahren die Oberflächen eine Veränderung erlitten haben muſsten.

Die angestellten Messungen hatten nämlich bereits gezeigt, daſs der Polarisationswinkel (eben so wie die extraordinäre Brechung) zwar von der Neigung der Fläche gegen die Axe des Krystalls abhängt, nicht aber von ihrer besondern Lage gegen die Krystallflächen, auſser sofern dadurch jene Neigung bestimmt wird, so daſs z. B. die erste und die zweite Säule am Kalkspath gleiche Resultate geben. Hiernach muſste auch die Fläche eines Rhomboëders und seines Gegenrhomboëders gleiche Polarisationswinkel geben. Als ich eine geschliffene Fläche, dem Gegenrhomboëder des Hauptrhomboëders angehörig, untersuchte, fand ich allerdings, als der Hauptschnitt der Spiegelungsebene parallel, also $\pi=0^{\circ}$ war, den Polarisationswinkel sehr nahe übereinstimmend mit dem, welchen die natürliche Bruchfläche unter gleicher Bedingung gegeben hatte; als ich aber den Hauptschnitt rechtwinklig gegen die Spiegelungsebene stellte, also $\pi=90^{\circ}$ machte, fand ich den Polarisationswinkel von dem vorigen nur um 2° verschieden, während nach der Analogie mit der natürlichen Bruchfläche dieser Unterschied $2\frac{1}{2}$ Grad betragen sollte, so daſs also die geschliffene Fläche für diesen Fall einen Fehler von $\frac{1}{2}$ Grad gab, wenn man, wie billig, die Messung auf der natürlichen Bruchfläche als die richtige annimmt. Dieser Fehler ist zu bedeutend, als daſs er einer anderen Ursache, als einer Veränderung der Oberfläche beizumessen wäre. Ich bereitete mir eine zweite Fläche, dem Gegenrhomboëder des Hauptrhomboëders angehörig, um zu sehen, ob vielleicht durch einen bloſsen Zufall die Fläche verunreinigt worden sey, aber die neue Fläche gab fast genau dieselben Resultate, wie die erste. Auch hier war der Polarisationswinkel bei $\pi=0^{\circ}$ dem der natürlichen Bruchfläche fast gleich, dagegen bei $\pi=90^{\circ}$ um etwa $\frac{1}{2}$ Grad kleiner als auf dieser.

Digitized by Google

Ich hatte diese Flächen mit Colcothar und Wasser polirt. Ich überzeugte mich nun, daſs jene Veränderung der Oberfläche von dem Colcothar herrühren müsse. Denn als ich eine so eben frisch geschlagene *Bruchfläche* mit benetztem Colcothar eingerieben und sodann wieder abgewaschen hatte, fand ich auf derselben einen ähnlichen, nur nicht ganz so starken Fehler des Polarisationswinkels bei $\pi = 90^\circ$, wie vorher auf den *geschliffenen* Flächen. Daſs dieser Einfluſs nicht etwa dem Wasser zuzuschreiben sey, erkannte ich daran, daſs eine andere natürliche Bruchfläche, welche ich 15 Stunden in Wasser hatte liegen lassen, nach wie vor den richtigen Polarisationswinkel zeigte. Da sonach nur das Colcothar jene Veränderungen erzeugt haben konnte, so suchte ich zu erfahren, worin dessen Einwirkung bestehe. Da dasselbe aus Eisenvitriol bereitet wird, so vermuthete ich, daſs es vielleicht nicht ganz von Schwefelsäure befreit seyn möchte, und in der That zeigte eine Auflösung desselben in reiner Salpetersäure, die ich mit salzsaurem Baryt prüfte, eine deutliche Reaction auf Schwefelsäure. Es ist daher begreiflich, daſs beim Poliren die Oberfläche in einen mehr oder weniger gypsähnlichen Zustand verwandelt wird, also der Polarisationswinkel mehr oder weniger dem des Gypses sich nähern wird, wenn gleich die Hauptwirkung immer noch vom Kalkspath ausgeht. Diese Ansicht wird bestätigt, wenn man annimmt, daſs die am Gyps möglichen Polarisationswinkel nicht sehr verschieden sind von dem, welchen Brewster an dieser Substanz gemessen hat. Denn aus einer Vergleichung der Winkel, welche ich auf den mit Colcothor polirten Flächen gemessen habe, mit den späteren, wahrscheinlich sehr viel richtigeren Messungen, ergiebt sich, daſs die mit Colcothar polirten Flächen mir *die* Polarisationswinkel zu groſs gegeben hatten, welche beträchtlich kleiner, und *die* zu klein, welche beträchtlich gröſser sind, als jener Polarisationswinkel des Gypses.

Digitized by Google

Daſs sich bei den früheren Untersuchungen an den Körpern von einfacher Stralenbrechung, welche auf dieselbe Weise polirt waren, kein ähnlicher Einfluſs zeigte, kann nicht auffallen, wenn man bedenkt, wie schwer zersetzbar die damals untersuchten Körper, Fluſsspath, Glas, Granat, im Vergleich mit Kalkspath sind.

Ich versuchte demnächst, Zinnasche als Polirmittel anzuwenden, aber diese brachte eine ganz ähnliche Aenderung des Polarisationswinkels hervor, wie Colcothar. Ich habe nicht näher untersucht, worin hier die Wirkung bestand, sondern um mich bei der leichten Zersetzbarkeit des Kalkspaths gegen jede chemische Einwirkung möglichst zu sichern, machte ich einen Versuch, die Flächen mit Kreide zu poliren. Dieser gelang, indem die Flächen auf diese Weise, obgleich äuſserst langsam, eine Politur annahmen. Auch schienen die so zubereiteten Flächen meinen Wünschen ganz oder doch sehr nahe zu entsprechen, indem die Resultate, die ich auf zwei Flächen erhielt, von ungefähr gleicher Neigung gegen die Axe, wie die natürliche Bruchfläche, von den auf dieser erhaltenen nur sehr wenig abweichen. Besonders ist dieſs auch hier der Fall, wenn der Hauptschnitt der Spiegelungsebene parallel ist, also $\pi = 0^\circ$; hier stimmen die Messungen, auf zwei Flächen dem Gegenrhomboëder des Hauptrhomboëders angehörig, sehr nahe mit den auf der natürlichen Bruchfläche erhaltenen überein, besonders wenn man dabei die zufälligen kleinen Unterschiede in der Neigung der Fläche gegen die Axe in Anschlag bringt. Für $\pi = 90^\circ$, d. h. als der Hauptschnitt rechtwinklig gegen die Spiegelungsebene stand, zeigte die eine jener beiden Flächen den Polarisationswinkel um $3\frac{1}{2}$, die andere um 5 Minuten zu groſs im Vergleich mit dem auf der natürlichen Bruchfläche unter sonst gleichen Umständen gemessenen. Will man diese Differenzen nicht blos als Folgen der zufälligen Beobachtungsfehler ansehen, was sie wohl seyn könnten, so würden sie befürchten lassen, daſs

Digitized by Google

auch bei diesem Verfahren die Flächen noch eine ähnliche, obgleich sehr viel schwächere Veränderung erlitten, indem der Fehler, der sich dort auf $\frac{1}{2}$ Grad belief, hier höchstens einige Minuten betrüge, jedoch hier wie dort in gleichem Sinne ausgefallen wäre. Vielleicht könnte derselbe von einer nicht wohl zu vermeidenden häufigen Berührung des Polirmittels mit der Hand herrühren *). Da jedoch aus dem Gesagten hervorgeht, daſs das Vorhandenseyn eines solchen Fehlers in der Beschaffenheit der Fläche zwar befürchtet, aber nicht als erwiesen betrachtet werden kann, da er ferner auf jeden Fall nur von sehr geringem Einfluſs auf die Messungen ist, und ich endlich kein Mittel sah, mir Flächen zu verschaffen, welche in dieser Beziehung eine gröſsere Sicherheit gewährt hätten, so habe ich zu allen Messungen, mit Ausnahme derer auf dem natürlichen Bruche, Flächen angewendet, welche auf gleiche Weise hergestellt, d. h. nachdem sie sehr fein geschliffen waren, mit Kreide und destillirtem Wasser polirt wurden, und ich glaube, daſs die auf denselben angestellten Messungen wenigstens als sehr angenähert richtig gelten können.

Die Flächen, welche ich untersucht habe, sind, nach ihrer Neigung gegen die Axe geordnet, folgende: 1) eine geschliffene Fläche der zweiten Säule, *u* bei Haüy, 2) eine geschliffene Fläche der ersten Säule *c*, also beide der Axe parallel, d. h. $\lambda = 90°$; 3) eine geschliffene Fläche des ersten schärferen Rhomboëders, *f*, λ ungefähr $= 63°$; 4) die natürliche Bruchfläche oder das Hauptrhomboëder *P*, also $\lambda = 44° \, 36' \frac{1}{2}$. Ich habe hier auf dem

*) Da ich darauf aufmerksam gemacht wurde, daſs die angewandte Kreide vielleicht im Meerwasser gebildet seyn und daher etwas Salzsäure enthalten könne, so prüfte ich eine Auflösung derselben in reiner Salpetersäure mit salpetersaurer Silbersolution, konnte aber keine Spur eines Niederschlags entdecken. Da ich überdieſs den zum Poliren gebrauchten Antheil vorher mit destillirtem Wasser geschlämmt hatte, so dürfte wohl von dieser Seite keine Einwirkung auf die Fläche zu besorgen seyn.

Digitized by Google

so eben frisch geschlagenen Bruch mehrere Stücke untersucht, welche sehr nahe übereinstimmende Resultate gaben. 5 und 6) die schon erwähnten beiden Flächen dem Gegenrhomboëder des Hauptrhomboëders angehörig, wo also λ ebenfalls ungefähr $=44^\circ \frac{1}{2}$ ist; 7) eine geschliffene Fläche des ersten stumpferen Rhomboëders, *g*, $\lambda=26^\circ$; endlich 8) ebenfalls geschliffen die gerade angesetzte Endfläche, *o*, also $\lambda=0^\circ$. — Natürlich haben die geschliffenen Flächen nicht ganz genau die durch den krystallographischen Ausdruck bezeichnete Lage; ich habe ihre wahre Lage mit dem Reflexionsgoniometer gemessen und die aus dieser sich ergebenden Werthe von λ zur Berechnung angewendet.

Daſs λ nur von 0° bis 90° wachsend zu denken ist, ist einleuchtend, da die Neigung der Flächen gegen die Axe, d. h. gegen eine Linie, die keine Verschiedenheit nach ihren beiden entgegengesetzten Richtungen zeigt, immer durch den mit ihr gebildeten spitzen Winkel ausgedrückt werden kann. Was aber π anlangt, so ist zwar einleuchtend, daſs von 180° bis 360° dieselben Fälle wiederkehren müssen, wie von 180° bis 0°, d. h. im dritten Quadranten dieselben Fälle wie im zweiten, und im vierten dieselben wie im ersten. Dagegen würde man vielleicht erwarten, daſs im zweiten Quadranten nicht dieselben Fälle wiederkehren, wie im ersten. Denn setze ich $\pi=0^\circ$ für den Fall, wo der Hauptschnitt der Spiegelungsebene parallel, und die stumpfe Endspitze dem einfallenden Stral zugekehrt ist, so wird $\pi=180^\circ$ den Fall bezeichnen, wo wiederum Hauptschnitt und Spiegelungsebene parallel sind, aber die Endspitze dem Auge zugekehrt ist. Beide Fälle sind nicht nur geometrisch zu unterscheiden, sondern es findet auch eine wesentliche Verschiedenheit für den Weg statt, welchen in diesen beiden Fällen der extraordinär gebrochene Stral nimmt. Man würde daher vielleicht erwarten, daſs auch der Polarisationswinkel in diesen beiden Fällen verschieden sey.

Digitized by Google

Dieſs ist aber nicht der Fall. Brewster fand, und meine Messungen bestätigen, daſs der Polarisationswinkel derselbe ist, die Endspitze mag dem Auge oder dem einfallenden Strale zugekehrt seyn. Eben so wenig scheint auch dann, wenn Hauptschnitt und Spiegelungsebene nicht parallel sind, ein Unterschied in den Polarisationswinkeln stattzufinden für die vier Fälle π, $180° - \pi$, $180° + \pi$ und $360° - \pi$, indem die Verschiedenheiten der in diesen vier Fällen gemessenen Winkel niemals so groſs sind, daſs sie nicht den Fehlern der Beobachtung zugeschrieben werden könnten. Es kehren also in allen vier Quadranten dieselben Fälle wieder, und kann die Stellung des Hauptschnitts gegen die Spiegelungsebene immer durch den spitzen Winkel, den beide mit einander einschlieſsen, ausgedrückt werden, so daſs auch π nur von 0° bis 90° wachsend anzugeben ist.

Ich habe auf allen den genannten Flächen den Polarisationswinkel 1) für $\pi = 0°$, und 2) für $\pi = 90°$ gemessen. Auf der gerade angesetzten Endfläche fällt die Bestimmung von π ganz weg, weil jede senkrecht gegen diese Fläche gelegte Ebene zugleich durch die Axe geht. Auf der natürlichen Bruchfläche, so wie auf der Fläche der zweiten Säule habe ich auſser den beiden Fällen $\pi = 0°$ und $\pi = 90°$ den Polarisationswinkel auch noch für die drei Fälle $\pi = 22° \frac{1}{2}$, 45° und $67° \frac{1}{2}$ gemessen.

Was die Bestimmung von π anlangt, so wurde der Hauptschnitt durch die Richtung der Kanten der Flächen, und seine Lage gegen die Spiegelungsebene durch die Theilung des zur Aufnahme der untersuchten Fläche dienenden Rahmens (*bbb* Taf. I. Fig. 1. im Bd. 96. dies. Ann.) bestimmt, welche Theilung von 5 zu 5 Grad geht, und eine feste Lage gegen die Spiegelungsebene hat. — Im Uebrigen habe ich hier ganz dasselbe Verfahren, wie früher, zur Messung der Polarisationswinkel angewendet, nur mit dem einen Unterschiede, daſs hier in den Fällen, wo die Polarisationsebene, wie vorhin gesagt, nicht

Digitized by Google

ganz mit der Spiegelungsebene zusammenfiel, auch das in der Kapsel *Fff* (ebend.) enthaltene Kalkspathprisma, mit welchem das Auge zur Prüfung der Polarisation bewaffnet ist, eine entsprechende Drehung erleiden muſste.

Ueber die Werthe der Polarisationswinkel ergiebt sich nun, auſser dem schon Gesagten, Folgendes:

1) Für jede bestimmte Fläche, d. h. für jeden constanten Werth von λ erreicht der Polarisationswinkel sein Minimum, wenn $\pi=0^{\circ}$ ist, und wächst mit zunehmendem π, bis $\pi=90^{\circ}$ ist, wo er sein Maximum für diese Fläche erreicht. Der Unterschied zwischen diesem Maximum und Minimum ist um so gröſser, je gröſser λ ist.

2) Für jeden constanten Werth von π erreicht der Polarisationswinkel sein Minimum bei $\lambda=90^{\circ}$ und wächst bei abnehmendem λ bis $\lambda=0^{\circ}$, d. h. bis zur gerade angesetzten Endfläche, wo er sein absolutes Maximum erreicht. Aus dem Gesagten folgt, daſs er sein absolutes Minimum erreicht, wenn $\lambda=90^{\circ}$ und $\pi=0^{\circ}$ ist, d. h. auf einer Fläche parallel der Axe, wenn diese Axe selbst der Spiegelungsebene parallel ist.

Es wird nun erfordert, das Gesetz, nach welchem das bezeichnete Wachsen und Abnehmen erfolgt, näher zu bestimmen, und zwar 1) bloſs nach wachsendem π, während λ constant bleibt. Die Messungen auf der natürlichen Bruchfläche und auf der Fläche der zweiten Säule, u, also bei $\lambda=45^{\circ}$ und $\lambda=90^{\circ}$ ungefähr, geben Folgendes: Bezeichnet α das Minimum und β das Maximum des Polarisationswinkels für irgend eine Fläche (also α den Polarisationswinkel für $\pi=0^{\circ}$ und β den für $\pi=90^{\circ}$) und φ den Polarisationswinkel für einen beliebigen Werth von π, so ist nach meinen Messungen:

$$f(\varphi)=\cos^2\pi\,.\,f(\alpha)+\sin^2\,.\,\pi f(\beta),$$

wo durch f eine Function bezeichnet wird, welche innerhalb der Grenzen von einigen Graden den Winkeln selbst nahebei proportional ist. Da der Unterschied zwischen α und β auf der natürlichen Bruchfläche nur $2\frac{1}{2}$ Grad,

Digitized by Google

und auch auf der Fläche der zweiten Säule weniger als 5° beträgt, innerhalb eines so kleinen Zwischenraums aber alle trigonometrischen Functionen nicht sehr von jener Proportionalität mit dem Winkel abweichen, so sieht man, daſs man bei der Unsicherheit, welche die Fehler der Beobachtung den gemessenen Werthen geben, nicht mit völliger Zuverlässigkeit der unbestimmten Function $f(\varphi)$ einen bestimmten Werth beilegen kann. Indessen kann doch soviel gesagt werden, daſs es unter den trigonometrischen Functionen der Sinus und die Cotangente ist, welche die mit den Messungen am besten übereinstimmenden Berechnungen geben. Nimmt man statt $f(\varphi)$ den Winkel φ selbst, so kommt die oben angeführte Formel Brewster's heraus, indem:

$$\alpha + sin^2 \pi(\beta - \alpha) = cos^2 \pi \,.\, \alpha + sin^2 \pi \,.\, \beta.$$

Diese stimmt jedoch weniger mit meinen Messungen, als wenn man für $f(\varphi)$ den Sinus oder die Cotangente nimmt; noch weniger stimmen Tangente und Cosinus. Ob man Cotangente oder Sinus zu setzen habe, läſst sich kaum entscheiden, da beide nur höchst geringe Unterschiede in der Berechnung geben; ich werde nachher darauf zurückkommen.

2) Vergleicht man die auf sämmtlichen Flächen gemessenen Polarisationswinkel, welche für $\pi = 0°$ gelten, mit einander, so erkennt man ein ganz ähnliches Gesetz in dem Wachsen und Abnehmen nach $90° - \lambda$, wie vorhin nach π; denn bezeichnet man mit a den Polarisationswinkel für $\lambda = 90°$ und $\pi = 0°$, mit c den Polarisationswinkel für $\lambda = 0°$, und mit α den Polarisationswinkel für irgend einen Werth von λ bei $\pi = 0°$, so geht aus den Messungen folgende Form für das Gesetz hervor:

$$f(\alpha) = sin^2 \lambda \,.\, f(a) + cos^2 \lambda \,.\, f(c).$$

Bezeichnet man ferner mit b den Polarisationswinkel für $\lambda = 90°$ und $\pi = 90°$, so ist β zwischen b und c nach demselben Gesetze zu interpoliren, so daſs

$$f(\beta) = sin^2 \lambda \,.\, f(b) + cos^2 \lambda \,.\, f(c),$$

wo

wo nun die Berechnungen ebenfalls am besten mit den Messungen stimmen, wenn man für f' entweder den Sinus oder die Cotangente, weniger, wenn man den Winkel selbst, noch weniger, wenn man den Cosinus oder die Tangente dafür setzt. Zwischen Sinus und Cotangente ist auch hier schwer zu entscheiden.

Gesetzt aber, es wäre in beiden Fällen für eine dieser beiden Functionen entschieden, so würde sich für alle Fälle der Polarisationswinkel berechnen lassen, vorausgesetzt, daſs man denselben für die drei Hauptfälle, 1) $\lambda=90°$ und $\pi=0°$, 2) $\lambda=90°$ und $\pi=90°$, und 3) $\lambda=0°$, d. h. die drei mit a, b und c bezeichneten Winkel kenne. Es käme also noch darauf an, für diese drei Winkel Ausdrücke zu finden, welche wahrscheinlicherweise von den beiden Brechungsindices abhängen. Ich will den Index der ordinären Brechung mit n, den der extraordinären mit m bezeichnen. Ich habe diese beiden Gröſsen für den mittleren Theil des Spectrums einer Oellampe an einem Prisma gemessen, dessen beide Flächen der Axe parallel waren, und welches von demselben Stück Kalkspath genommen war, von welchem sämmtliche zur Messung der Polarisationswinkel angewandte Stücke abgeschlagen waren. Die Resultate einiger unter sich nahe übereinstimmenden Messungen gaben $n=1{,}6587$ und $m=1{,}4869$, was sehr nahe mit Hrn. Rudberg's Messungen am Kalkspath übereinstimmt.

Sucht man aus diesen Werthen Ausdrücke für die Winkel a, b und c abzuleiten, so zeigt sich zuerst für den Winkel b das sehr einfache Gesetz, daſs

$$\tang b=n;$$

denn diese Gleichung giebt $b=58°\ 54',9$, während die *Messung* für diesen Fall auf der zweiten Säule 58° 56',0, und auf der ersten 58° 56',1 gab. Es scheint also in diesem Falle, wo die Axe senkrecht gegen die Spiegelungsebene steht, der Einfluſs des extraordinären Brechungsvermögens auf den Polarisationswinkel ganz aufzu-

Digitized by Google

hören, und der Kalkspath verhält sich alsdann in dieser Beziehung ganz so, wie ein einfachbrechender Körper, dessen Brechungsindex dem Index der ordinären Brechung am Kalkspath gleich wäre.

Für die beiden Winkel a und c bietet sich kein Ausdruck von gleicher Einfachheit dar. Es lassen sich, wie man leicht denken kann, aus den Brechungsindices m und n verschiedene Combinationen machen, welche mehr oder weniger angenäherte Werthe der einen oder andern trigonometrischen Function von a und c geben. Unter diesen scheint mir eine wegen ihrer Einfachheit und ihrer Analogie mit dem Gesetze, wie es an einfachbrechenden Körpern stattfindet, nicht unwahrscheinlich zu seyn, obgleich die danach berechneten Werthe mit den gemessenen nur ziemlich annäherungsweise übereinstimmen.

Wenn man nämlich an einem einfachbrechenden Körper den Polarisationswinkel mit φ und den Brechungsindex mit i bezeichnet, so ist bekanntlich $tang\,\varphi = i$

$$\frac{\sin\varphi}{i} = \cos\varphi.$$

Zwischen den gemessenen Werthen a und c nun finde ich annäherungsweise eine solche Relation, daſs

$$\frac{\sin a}{n} = \cos c \text{ und } \frac{\sin c}{m} = \cos a,$$

woraus dann für a und c folgende Ausdrücke nach m und n folgen würden:

$$tang\,a = n\sqrt{\frac{m^2-1}{n^2-1}} \quad tang\,c = m\sqrt{\frac{n^2-1}{m^2-1}}.$$

Berechnet man hienach die Winkel a und c, so findet man $a = 54^\circ\ 3',4$; beobachtet aber habe ich
auf der zweiten Säule 54° 14',9, also Differenz +0° 11',5
auf der ersten Säule 54 12,4, - - +0 9,0
ferner giebt die Rechnung $c = 60^\circ\ 47',1$;
beobachtet aber habe ich auf
der gerade angesetzten Endfläche 60° 33',4, also Differenz −0° 13',7.

Diese Differenzen würden allerdings Fehler der Beobachtung voraussetzen, welche beträchtlich gröſser wären, als dieſs bei meinen früheren Messungen der Fall war; indessen habe ich schon vorhin eines Umstandes erwähnt, welcher das Vorhandenseyn solcher Fehler nicht ganz unwahrscheinlich macht. Ich meine nämlich den Umstand, daſs es schien, als entstände auch bei dem Poliren mit Kreide noch eine kleine Veränderung der Oberflächen, ähnlich der, welche durch Colcothar bewirkt worden war, nur sehr viel schwächer. Ist diese Vermuthung gegründet, so würden die mit Kreide polirten Flächen zwar kleinere Fehler, aber in demselben Sinne, wie die mit Colcothar polirten geben; nun gaben die letzteren den Winkel a ziemlich viel zu groſs und c sehr viel zu klein, es müſsten also auch die mit Kreide polirten a etwas zu groſs und c etwas zu klein geben, also die Fehler ganz ähnlich ausfallen, wie sie nach den obigen Formeln für a und c ausfielen. Ueberhaupt gaben alle die mit Colcothar polirten Flächen die gröſseren Polarisationswinkel zu klein, und die kleineren zu groſs. Dasselbe würde also auch, obgleich in sehr viel geringerem Maaſse für die mit Kreide polirten stattfinden, wodurch dann fast durchgängig die Differenzen ähnlich denen ausfallen müſsten, welche man erhält, wenn man nach den angegebenen Formeln die Polarisationswinkel berechnet.

Wenn daher diese Formeln wenigstens einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit für sich haben, so wäre jetzt noch übrig, dieselben so zu vereinigen, daſs das bis hieher durch mehrere Gleichungen ausgedrückte Gesetz durch eine einzige Formel dargestellt wird. Um dieſs zu können, werden an die Stelle der unbestimmten Functionen $f(\varphi)$ und $f'(\varphi)$ bestimmte zu setzen seyn; für beide ist die Wahl zwischen $\sin\varphi$ und $\cot\varphi$. Obgleich, wie schon gesagt, beide sehr ähnliche Resultate der Berechnung geben, so scheint doch die Cotangente etwas mehr Wahrscheinlichkeit zu haben, als der Sinus. Denn

Digitized by Google

erstens sind die beobachteten Winkel offenbar am zuverlässigsten auf der natürlichen Bruchfläche; für diese muſs also, wenn die Formel für richtig gelten soll, vorzüglich eine Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung stattfinden; nun stimmen, wenn man für f und f' den Sinus setzt, die berechneten Winkel für die natürliche Bruchfläche zwar recht nahe mit den beobachteten überein, die Uebereinstimmung ist jedoch noch gröſser, wenn man in beiden Fällen die Cotangente statt des Sinus nimmt. Zweitens erhält auch in diesem Falle die resultirende Formel eine sehr viel einfachere Gestalt, weil die Winkel a, b, c einfacher durch ihre Cotangente, als durch ihre Sinus ausgedrückt werden. Entscheidet man sich demnach in beiden Fällen für die Cotangente, so ist der Polarisationswinkel φ durch folgende Gleichungen bestimmt:

$$\cot\varphi = \cos^2\pi \cot\alpha + \sin^2\pi \cot\beta \qquad (1)$$

wo

$$\cot\alpha = \sin^2\lambda \cot a + \cos^2\lambda \cot c \qquad (2)$$

$$\cot\beta = \sin^2\lambda \cot b + \cos^2\lambda \cot c \qquad (3)$$

und

$$\cot a = \frac{1}{n}\sqrt{\frac{n^2-1}{m^2-1}} \qquad (4)$$

$$\cot b = \frac{1}{n} \qquad (5)$$

$$\cot c = \frac{1}{m}\sqrt{\frac{m^2-1}{n^2-1}} \qquad (6)$$

Substituirt man die Werthe von $\cot a$, $\cot b$ und $\cot c$ aus 4, 5, 6 in 2 und 3, und dann die Werthe von $\cot\alpha$ und $\cot\beta$ hieraus in 1, so kommt als der wahrscheinliche Ausdruck des Polarisationswinkels am Kalkspath

$$\cot\varphi = \frac{\sin^2\lambda}{n}\left(\sin^2\pi + \cos^2\pi\sqrt{\frac{n^2-1}{m^2-1}}\right) + \frac{\cos^2\lambda}{m}\sqrt{\frac{m^2-1}{n^2-1}}.$$

Ich habe nach dieser Formel die Polarisationswinkel für alle beobachtete Fälle berechnet und die Ergebnisse der

Digitized by Google

Berechnung mit denen der Beobachtung in folgender Tabelle zusammengestellt.

Werthe von π.	Berechnete Polarisationswinkel.	Beobachtete Polarisationswinkel	Differenz zwischen Beob. und Berechn.
1) Auf einer Fläche der zweiten Säule, *u*. λ=89° 48′.			
0° 0′	54° 3′,4	54° 14′,9	+0° 11′,5
22 30	54 44,0	55 1,8	+0 17,8
45 0	56 25,0	56 16,6	−0 8,4
67 30	58 10,1	58 6,7	−0 3,4
90 0	58 54,9	58 56,0	+0 1,1
2) Auf einer Fläche der ersten Säule, *c*. λ=89° 35′.			
0° 0′	54° 3′,4	54° 12′,4	+0° 9′,0
90 0	58 54,9	58 56,1	+0 1,2
3) Auf einer Fläche des ersten schärferen Rhomboëders, *f*. λ=62° 58′.			
0° 0′	55° 21′,8	55° 36′,1	+0° 14′,3
90 0	59 17,7	59 3,9	−0 13,8
4) Auf der natürlichen Bruchfläche; *P*. λ=44° 36′½.			
0° 0′	57° 20′,4	57° 19′,7	−0° 0′,7
22 30	57 42,0	57 45,9	+0 3,9
45 0	58 34,8	58 33,9	−0 0,9
67 30	59 28,6	59 29,1	+0 0,5
90 0	59 51,2	59 50,9	−0 0,3
5) Auf einer Fläche des Gegenrhomboëders von *P*. λ=44° 31′.			
0° 0′	57° 21′,0	57° 21′,9	+0° 0′,9
90 0	59 51,4	59 47,7	−0 3,7
6) Auf einer anderen Fläche des Gegenrhomboëders von *P*. λ=44° 16′½.			
0° 0′	57° 22′,7	57° 21′,3	−0° 1′,4
90 0	59 51,9	59 46,7	−0 5,2

Digitized by Google

Werthe von π.	Berechnete Polarisationswinkel.	Beobachtete Polarisationswinkel	Differenz zwischen Beob. und Berechn.
7) Auf einer Fläche des ersten stumpfern Rhomboëders, *g*. $\lambda = 25^\circ\ 58'\frac{1}{2}$.			
0° 0'	59° 24',9	59° 19',0	−0° 5',9
90 0	60 25,3	60 14,8	−0 10,5
8) Auf der gerade angesetzten Endfläche, *o*. $\lambda = 0^\circ\ 13'$.			
	60° 47',1	60° 33',4	−0° 13',7

Diese Tabelle zeigt, daſs allerdings in einigen Fällen die Differenzen zwischen Rechnung und Beobachtung ziemlich stark, bis gegen $\frac{1}{4}$ Grad und in Einem Falle selbst noch darüber ausfallen. Wenn man aber bedenkt, daſs die drei Hauptfehlerquellen, nämlich die Unsicherheit in der Schätzung des Polarisationswinkels, die Unsicherheit in der Bestimmung von π, und die, wenn auch geringe Veränderung der Oberfläche, jede für sich einen Fehler von einigen Minuten geben können, so ist es wohl erklärlich, daſs in einigen Fällen, wo vielleicht jene drei Fehler in gleichem Sinne ausfielen, sie sich zu so beträchtlichen Differenzen summiren können. Auffallend ist es dagegen, wie genau die berechneten und beobachteten Winkel auf der natürlichen Bruchfläche mit einander stimmen, d. h. in dem einzigen Falle, wo die eine Fehlerquelle, die Veränderung der Oberfläche gänzlich wegfällt, und zugleich auch die Beobachtungen dadurch eine gröſsere Sicherheit geben, als auf den übrigen Flächen, daſs ich hier die gröſste Zahl von Messungen angestellt habe. Der letzte Umstand ist es besonders, welcher einige Gewähr für die Richtigkeit der gegebenen Formel zu leisten scheint.

Ich hoffe, wenn die Untersuchung auf andere doppeltbrechende Körper, als Kalkspath, ausgedehnt wird, zu solchen Resultaten gelangen zu können, wie sie nöthig sind, um die hier bloſs als wahrscheinlich sich ergebende Formel entweder zu bestätigen oder zu berichtigen.

Digitized by Google

VI. *Bemerkungen über die vorgebliche Polarisation der Wärme;*
von Sr. Ehrwürden Baden Powell.

Professor der Geometrie an der Universität zu Oxford.

(*Edinb. Journ. of Sciences N. S. Vol. III. p.* 297. Im Auszuge.)

Die Entdeckung der Polarisation des Lichts durch Reflexion hat Denen, welche sich mit der Verfolgung der Analogien zwischen Licht und Wärme beschäftigten, ein neues Feld der Untersuchung dargeboten, und namentlich Bérard zu der Untersuchung veranlaſst, ob auch die strahlende Wärme einer ähnlichen Polarisation fähig sey. Bérard's Abhandlung ist im J. 1813 im französischen Institute vorgelesen; allein dennoch kennen wir sie leider nur durch den kurzen Bericht, welcher von ihr in den *Annales de chimie, T. LXXXV. p.* 309., erschienen, und dem Hauptinhalte nach auch von Biot in seinen *Traité de physique, T. IV. p.* 602., aufgenommen ist. In jenem Berichte wird die Abhandlung von den Commissarien des Instituts zur Aufnahme in den *Recueil des savans etrangers* empfohlen; allein dennoch ist sie meines Wissens nie gedruckt worden.

Zur Untersuchung der Polarisation der Sonnenwärme wandte Bérard einen dem Malus'schen ähnlichen Apparat an. Er fing die vom zweiten Glase reflectirten Strahlen mit einem Hohlspiegel auf, in dessen Brennpunkt ein geschwärztes Thermometer so befestigt war, daſs es sich mit dem Spiegel in alle Azimuthe und in jeden zur Auffangung der Strahlen geeigneten Winkel drehen lieſs. Mit demselben Apparate untersuchte er auch die Wirkung der strahlenden Wärme heiſser Metalle (»*à peine rouge, ou même tout-à-fait obscur*« Biot *IV. p.* 611.). In beiden Fällen erhielt er das Resultat: daſs in densel-

Digitized by Google

ben Stellungen, in welchen das Licht vom zweiten Spiegel reflectirt wurde oder nicht, auch die Wärme eine oder keine Reflexion erlitt.

In meinem Aufsatz in den *Philosophical Transactions f.* 1825, *Pt. I.*, habe ich gezeigt, dafs es zwei verschiedene Arten wärmender Agentien giebt *), und dadurch bin ich veranlafst worden, die obigen Angaben in Bezug auf diese Verschiedenheit zu untersuchen.

Der zu diesen Versuchen angewandte Apparat war in seiner Construction genau dem Bérard'schen ähnlich. Er bestand aus einer Röhre, versehen an beiden Enden mit einem ebenen Glasspiegel, geneigt gegen die Axe um 35° ½ und einstellbar durch eine Schraube. Die Röhre bestand aus zwei in einander geschobenen Stücken, um dem zweiten Spiegel eine Azimuthalbewegung zu ertheilen. An dem Rahmen dieses zweiten Spiegels war, durch einen Arm getragen, ein kleiner metallener Hohlspiegel befestigt, und ein Seitenarm hielt ein kleines Quecksilberthermometer, das sich genau in den Brennpunkt des Hohlspiegels stellen liefs. Dieser Hohlspiegel wurde in der erforderlichen Stellung befestigt, um die Strahlen von dem zweiten Glase unter dem Polarisationswinkel aufzufangen.

Wenn man demnach eine Wärmequelle in die geeignete Lage gegen das erste Glas brachte, wurden die Wärmestrahlen längs der Axe der Röhre reflectirt, vom zweiten Glase aufgefangen und auf den Hohlspiegel geworfen, und endlich von diesem convergirend auf die Kugel des Thermometers geleitet. Nachdem der Apparat durch einen mit Licht angestellten Versuch ajustirt worden war, wurden die Beobachtungen mit der Wärme angestellt, und zwar zuerst für den Fall, dafs die Reflexionsebenen beider Glasspiegel coincidirten. Dann wurde der zweite Spiegel im Azimuthe gedreht, bis seine Reflexionsebene senkrecht stand auf der des ersten Spiegels.

*) Man sehe den Zusatz am Schlusse dieses Aufsatzes.

Erhielte nun die Wärme durch die erste Reflexion eine ähnliche Polarisation wie das Licht unter diesen Umständen, so würde man in der ersten Stellung, d. h. wenn der zweite Spiegel sich im Azimuthe 0° befindet, eine Wirkung auf das Thermometer verspüren müssen, in der zweiten Stellung, d. h. im Azimuthe 90°, aber keine, oder wenigstens eine verminderte Wirkung.

In der Praxis stellen sich jedoch viele Schwierigkeiten entgegen, von denen ich nur einige hier namhaft machen will. Zuerst muſs man sorgfältig darauf sehen, alle unregelmäſsigen Wärmestrahlungen, alle Strömungen von erhitzter Luft u. s. w. auszuschlieſsen. Dieſs läſst sich aber niemals vollständig bewirken. So z. B. werden die Spiegel erhitzt; und der zweite Spiegel, nebst seinem Thermometer, kann durch die verschiedenen Azimuthstellungen in verschiedene Lage gegen diese oder jene Wärmequelle zu stehen kommen. Umstände der Art haben mich bei meinen ersten Versuchen oft sehr irre geführt. Es ist unmöglich, sie im gegenwärtigen Aufsatz ausführlich anzugeben, und der Leser mag sich daher mit der Versicherung begnügen, daſs keine Vorsicht gegen diese Fehlerquellen gespart wurde. Die Hauptschwierigkeit, mit der ich bei diesen Versuchen zu kämpfen hatte, bestand darin, *daſs in allen Fällen immer nur eine sehr geringe Wärmemenge auf das Thermometer fiel.* Die geringe Erwärmung wurde noch, selbst in den günstigsten Fällen, durch unvermeidlich störende Umstände mehr oder weniger geschwächt; und der Unterschied in den verschiedenen Azimuthen war so schwierig wahrzunehmen, daſs sehr zahlreiche Wiederholungen der Versuche nöthig wurden, um den Resultaten irgend einiges Vertrauen zu schenken. Das Thermometer war sehr empfindlich, und eigends für diesen Gebrauch verfertigt. Seine Scale, eine hunderttheilige, erlaubte die Grade in Fünftel zu theilen, und leicht konnten die Zehntel geschätzt werden. Die Kugel hielt einen Viertelzoll im Durchmesser, war

Digitized by Google

mit Tusch geschwärzt, und ragte etwa einen Zoll lang über die Fassung hinweg.

Meine Absicht war, die Versuche nicht nur mit bloſser Wärme, wie sie von nichtleuchtenden Körpern ausgestrahlt wird, anzustellen, sondern auch mit jener zusammengesetzten Radiation, welche leuchtende heiſse Körper aussenden. Im letzteren Fall konnte die eine Wärme-Art von der andern durch Zwischenstellung eines Glas-Schirms *) abgesondert werden, und die Modificationen, welche dann jede Art etwa erlitten, lieſsen sich dann einzeln beobachten.

Die Versuche wurden zunächst mit der vom zweiten Spiegel *reflectirten* Wärme angestellt. Da indeſs, wenn die Analogie zwischen dem Lichte und der Wärme vollkommen wäre, in dem Azimuthe, wo keine Wärme reflectirt wird, dieselbe den zweiten Spiegel *durchdringen* müſste, so wurde bei einigen Versuchen der Hohlspiegel mit seinem Thermometer *hinter* dem zweiten Glase aufgestellt. Auch wurde ein anderes kleines Thermometer mit dem zweiten Glase in Berührung gebracht, um zu sehen, ob dasselbe in einem Azimuthe mehr Wärme als in einem anderen absorbirte.

Die Versuche wurden angestellt mit den Radiationen der Flamme einer Argand'schen Lampe, und mit denen einer sowohl möglichst hellglühenden als auch einer nicht sichtbar glühenden Eisenkugel. Die Gesammtwirkungen, wie schon erwähnt, waren in allen diesen Fällen sehr unbeträchtlich. Die leuchtende strahlende Wärme der rothglühenden Kugel wurde nach den zwei Reflexionen fast unmerklich, während die Glasspiegel, besonders der erste, sich erhitzten, und die Strahlung von ihnen die Resultate störte. Dasselbe war der Fall bei der Strahlung der nichtleuchtend glühenden Kugel. Der andere Theil der Wärme, nämlich der dem Lichte angehörige, ist ungemein gering, erleidet aber bei der Re-

*) Er wurde gewöhnlich in der Mitte der Röhre angebracht.

Digitized by Google

flexion einen geringeren Verlust. Bei der Flamme bringt dieser Theil fast die ganze Wirkung nach der zweiten Reflexion hervor, da die bloſse Wärme derselben schwerlich noch nach einer einzigen Reflexion merkbar seyn würde.

Die geringen Wirkungen, die bei Anwendung *leuchtender* Wärme erhalten wurden, stimmten ganz mit der Idee überein, daſs die Wärme nur das Licht begleitet hatte, daſs alleinig nur das *Licht polarisirt wurde*, und nur durch dessen Absorption von der geschwärzten Oberfläche die Wärme entstand, welche in den Fällen, wo eine Reflexion des Lichts am zweiten Spiegel stattfinden muſste, bemerkt wurde. Der Ausdruck *Polarisation der Wärme* muſs also, auf die bei Zwischenstellung eines Glasschirmes mit leuchtender Wärme erhaltenen Resultate angewandt, *höchst unpassend erscheinen.*

Was die *bloſse strahlende Wärme* betrifft, so war es mir unmöglich, irgend einen Unterschied in den Wirkungen zu bemerken, der zweite Spiegel mochte im Azimuthe 0° oder in dem von 90° stehen. Bei der nichtleuchtend glühenden Kugel war in diesen beiden Stellungen, selbst nach vielmaliger Wiederholung der Versuche, nicht der geringste Unterschied zu beobachten, welcher indeſs, bei Anwendung der leuchtenden Wärme einer Lampe, sicherlich zum Vorschein kam.

Die leuchtend glühende Kugel gab, bei Zwischenstellung eines Glasschirms, einen wahrnehmbaren Unterschied in den beiden rechtwinklichen Azimuthen. Nahm man aber den Schirm fort, so stieg zwar im Ganzen die Erwärmung, allein jener kleine Unterschied wurde dadurch nicht vergröſsert.

Mit einem Wort, gerade der wesentlichste Theil der Bérard'schen Resultate, nämlich der, welcher sich auf die *bloſse Wärme* bezieht, konnte durch diese Versuche durchaus nicht bestätigt gefunden werden.

Digitized by Google

Zusatz.

Es ist vielleicht nicht überflüssig, hier kürzlich die Resultate meiner früheren Versuche anzugeben.

Ich glaube in diesen Versuchen gezeigt zu haben, daſs es zwei verschiedene Arten wärmender Agentien giebt, die von leuchtenden heiſsen Körpern gemeinschaftlich ausstrahlen. Die eine Wärme *durchdringt Glas* und wirkt auf die Körper gemäſs der *Dunkelheit ihrer Farbe*; die andere *durchdringt Glas nicht*, und wirkt auf die Körper gemäſs *des Gefüges ihrer Oberfläche.*

Die Wärme der Sonne scheint nur aus der ersten Art zu bestehen; die der leuchtend glühenden Körper aus beiden, und die der nicht leuchtend glühenden Körper bloſs aus der letzten.

Mein im Jahre 1825 bekannt gemachter Aufsatz, kaum mehr als ein erster Versuch in diesem Felde, trägt mehrere der gewöhnlichen Fehler früher Erzeugnisse an sich. Besonders waren einige Versuche verwickelt, welche sich bei fernerer Betrachtung als überflüssig ergaben.

Der wesentliche Versuch ist in der That sehr einfach. Man braucht nur ein *schwarz* und ein *weiſs* angestrichenes Thermometer neben einander in kleinem Abstande von einer *leuchtenden* Wärmequelle aufzustellen, und zu beobachten, um wie viel das eine steigt, wenn das andere um eine gegebene Gröſse, z. B. um einen Grad, sich erhebt. Mit Beibehaltung der Thermometer in derselben Stellung wiederhole man nun die Beobachtung mit einem dazwischen gesetzten Glas-Schirm. Die *Ungleichheit* im Steigen der Thermometer wird nun immer *gröſser* seyn.

Thermometer von gewöhnlicher Empfindlichkeit sind hiezu völlig hinreichend; und die Strahlen von einer rothglühenden Eisenstange, von der Flamme einer Lampe, und selbst eine brennende Kerze geben befriedigende Resultate.

Digitized by Google

Bei einigem Nachdenken wird man finden, daſs alle störenden Einflüsse von der Art sind, daſs sie, bei Anwendung des Glas-Schirms jene Ungleichheit *vermindern*, wogegen wir immer gefunden haben, daſs sie dieselbe vergröſsern.

Es mag hier die Bemerkung stehen, daſs mir die Unfähigkeit, durch starre Körper hindurchzustrahlen, immer als ein Hauptkennzeichen der bloſsen strahlenden Wärme erschienen ist. Von dieser Thatsache machen indeſs, wie die Versuche des Hrn. Ritchie *) gezeigt haben, durchsichtige Schirme von groſser Dünnheit eine merkwürdige Ausnahme.

VII. *Ueber die von Hrn. Dr. Erman jun. gemachten Bemerkungen hinsichtlich der Ursache des mehrmaligen Stillstehens eines Thermometers in flüssigen, bis zum Erstarren erkaltenden Metalllegirungen. Aus einem Schreiben des Hrn. Prof. F. Rudberg an den Herausgeber.*

Upsala, am 27. Febr. 1831.

— Vor Kurzem habe ich in Ihren schätzbaren Annalen **) einen Aufsatz von Hrn. Erman jun. gelesen, worin derselbe sucht, die von mir entdeckten Erscheinungen beim Erkalten gewisser Legirungen ***), von einer andern Ursache abzuleiten, als der, welche ich angegeben habe, und welche, wie mir scheint, durch die Natur der Erscheinungen selbst angedeutet ist.

*) *Edinb. Phil. Journ. T. XI. p.* 281. und *Edinb. Journ. of Science, T. VII. p.* 348. *P.*

**) Bd. XX. (96.) S. 282.

***) Dies. Ann. Bd. XVIII. (94.) S. 240.

Digitized by Google

Aus den von mir beobachteten Erscheinungen hatte ich das Resultat gezogen, daſs beim Zusammenschmelzen zweier Metalle, eine nach einfachem Atomenverhältniſs zusammengesetzte Legirung, die ich die chemische nannte, aus dem einen Metalle und einem Theil des andern gebildet werde, und daſs folglich die geschmolzene Masse überhaupt nur ein Gemenge von dieser chemischen Legirung und dem in Ueberschuſs vorhandenen Metalle sey. Das zweimalige Stillstehen des Thermometers, *erstens* bei einer mit den Mischungsverhältnissen variirenden Temperatur, und *zweitens* bei einer von diesen Verhältnissen ganz unabhängigen, fixen Temperatur, schien mir der Vorstellung zu entsprechen, daſs das im Ueberschuſs zugesetzte Metall bei einer mit diesem Ueberschuſs zunehmend höheren Temperatur in den festen Zustand übergehe, seine latente Wärme abgebe, und somit das erste Verweilen des Thermometers verursache; wogegen die leichtflüssige chemische Legirung, in der es nach seinem Erstarren mechanisch vertheilt bleibt, endlich durch ihre Erstarrung das zweite, immer bei der nämlichen Temperatur eintretende Stillstehen des Thermometers bedinge. Ich hatte mich auch überzeugt, daſs, wenn man die flüssige Masse auf einem kalten Körper ausgieſst, sie, sobald sie nicht gerade die chemische Legirung selbst bildet, nicht bis zum Erstarren vollkommen flüssig bleibt, sondern bei einer Temperatur, die desto höher ist, je weiter hinauf der obere Stillstandspunkt des Thermometers liegt, das Ansehen eines Mörtels annimmt, welches augenscheinlich auf die Solidification eines Theils der Mischung deutet

Hr. Erman dagegen ist der Meinung, daſs das obere Stillstehen des Thermometers nur einer Volumensverminderung der ganzen Masse zuzuschreiben sey, also gleiche Ursache habe, wie das Stillstehen oder äuſserst langsame Sinken des Thermometers im Wasser bei der dem Maximum der Dichtigkeit entsprechenden Temperatur.

Eine Vergleichung zwischen den Volumänderungen

Digitized by Google

und Erkaltungszeiten beim Wasser angestellt, giebt für die Temperaturen in der Nähe der gröſsten Dichtigkeit folgende Tafel:

Temperaturen.	Volumänderungen nach Hällström.	Erkaltungszeiten nach Erman.
	Verminderung.	
von +7° bis +6°	0,0000301	12″,4
- +6 - +5	0,0000176	16 ,8
- +5 - +4	0,0000050	40 ,8
	Vergröſserung.	
von +4° bis +3°	0,0000078	208″,2
- +3 - +2	0,0000206	17 ,0
- +2 - +1	0,0000334	30 ,0

Aus dieser Tafel geht hervor, daſs das Stationiren des Thermometers zwar dem Volumen-Minimum entspricht, aber auch, daſs die bei der Volumensverminderung, die in der Nähe von +4° so äuſserst gering ist, freiwerdende Wärme nicht die Ursache des Stillstehens seyn kann. Um so auffallender ist aber diese von Hrn. Erman entdeckte Erscheinung, und sie verdient die gröſste Aufmerksamkeit.

Was aber dieses merkwürdige und unerklärbare Stationiren des Thermometers im Wasser mit dem Stationiren in Legirungen am oberen, von mir *beweglich* genannten Punkte gemein hat, ist schwer einzusehen. Denn *erstens* kann es doch nie bestritten werden, daſs bei diesem Punkt, was beim Wasser nicht der Fall ist, ein Theil der Masse, während der andere noch flüssig bleibt, in den festen Zustand übergeht, und durch seine hiebei freiwerdende latente Wärme eine Verzögerung im Sinken des Thermometers verursachen muſs. *Zweitens* ist einzusehen, daſs, wenn das obere Stillstehen des Thermometers von einer Volumverminderung herrührte, die latente Wärme der gesammten Masse bei dem zweiten

Stillstandspunkt des Thermometers frei werden müſste; allein die Beobachtungen zeigen, daſs, in dem Maaſse, wie man von dem einen Metalle mehr als zur chemischen Legirung gehörig hinzusetzt, am *festen* Punkt die Zeiten fortwährend abnehmen, und also bei den meisten Legirungen nicht dem Freiwerden so vieler Wärme entsprechen.

So z. B. gebrauchte, bei der von mir untersuchten Legirung Pb^3Sn das Thermometer zu seinem Fallen von 190° bis 180° C. eine Zeit von 108″. Zieht man hiervon etwa 36″ ab, die zum Herabsinken um zehn Grade im Fall einer regelmäſsigen Erkaltung nothwendig gewesen wären, so bleiben 72″ übrig, während welcher also, wenn das obere Stationiren zwischen 290° und 280° einer Volumensverminderung zuzuschreiben wäre, die latente Wärme der ganzen Masse fortgegangen seyn müſste. Dieſs ist aber doch nicht möglich.

Noch auffallender wird dieſs, wenn man Pb^6Sn nimmt, in welcher Legirung, nach späteren Versuchen von mir, das Thermometer gebrauchte:

zwischen	200	und	195	. . .	14″
-	195	-	190	. . .	15
-	190	-	185	. . .	34
-	185	-	180	. . .	19,5

Zwischen 190° und 185°, wo das zweite Stillstehen eintrat (das erste geschah bei 303°) gebrauchte es also nur 34″. Bei dieser Legirung, die etwa 91 Procent Blei enthält, muſs man wohl annehmen, daſs der gröſste Theil der latenten Wärme, nämlich die des über die chemische Legirung im Ueberschuſs vorhandenen Blei's, beim oberen Stillstehen des Thermometers weggegangen sey, und dadurch auch dieses Stillstehen verursacht habe.

Die interessanten Versuche, welche Hr. Erman mit Lösungen von Chlornatrium angestellt hat, und bei denen er fand, daſs, mit vermehrtem Salzgehalt des Wassers, die Stockung in den Erkaltungszeiten immer tiefer gegen den Gefrierpunkt der Flüssigkeit herabsinke, scheinen

nen

Digitized by Google

nen mir auch keine Aehnlichkeit zwischen den Eigenschaften dieser Lösungen und den der Legirungen darzubieten. Denn unter ihnen bleibt der charakteristische Unterschied, daſs bei den Salzlösungen der Gefrierpunkt sich ändert mit dem Salzgehalt, bei den Legirungen aber der Erstarrungspunkt ganz unabhängig ist von dem Mischungsverhältnisse, und unverändert derselbe bleibt.

Hr. Erman hat nämlich folgende Resultate erhalten:

	Reines Wasser.	Salzlösung von spec. Gewicht. =1,01.	v. spec. Gew. 1,02.
Stockung in den Erkaltungszeiten	zwisch. +4° u. +3°	zwisch. +2° u. +1°,5	keine
Gefrierpunkt	0°	−0°,5	−1°,25

Zum Schluſs will ich noch Einiges bemerken über die von Hrn. Erman vorgeschlagene, von der meinigen etwas abweichende Methode zur Bestimmung der latenten Wärme leichtflüssiger Metalle. Hr. Erman schlägt vor, eine Reihe von Erkaltungszeiten bei solch einem Metalle zu beobachten, und dann die Zeit, welche das Thermometer in der Nähe der Erstarrungstemperatur gebraucht, um eine gewisse Anzahl von Graden, z. B. um zehn Grade, zu sinken, mit derjenigen Zeit zu vergleichen, welche das Thermometer, im Fall das Metall nicht erstarrt wäre, zu seinem Sinken erfordert haben würde, und welche durch Interpolation aus den vor und nach der Erstarrung beobachteten Erkaltungszeiten abzuleiten wäre.

Nennt man also die latente Wärme des flüssigen Metalls $=l$, die specifische Wärme in der Nähe des Schmelzungspunkts $=K$, die Dauer des anomalen Stationirens während 10 Grade in der Nähe dieses Punktes $=T$, und die Zeit, welche das Thermometer zum Sinken um 10 Grade gebrauchen würde, falls das Metall seinen Aggregatzustand nicht geändert hätte, $=t$, so soll

*) *Ann. de chimie et de physique*, T. XXVIII. p. 300.

Digitized by Google

man die latente Wärme, auf die Gewichtseinheit bezogen, durch die Formel

$$l = 10K\frac{T}{t} \quad . \; . \; . \quad *)$$

approximativ berechnen können. In dieser Formel ist T eine groſse Zahl, die auch deshalb, im Verhältniſs zu ihrer Gröſse, mit ziemlicher Genauigkeit bestimmt werden kann; die Werthe von K und t sind aber klein und lassen sich, wie ich vermuthe, nicht genau bestimmen.

Es ist nämlich, was erstens K betrifft, durch die Versuche von Dulong und Petit erwiesen, daſs die specifische Wärme mit der Temperatur zunimmt, und daſs diese Zunahme nicht in gleichem Verhältnisse bei allen Substanzen fortschreitet. Hieraus folgt, daſs man, obgleich die specifische Wärme einiger Körper, z. B. des Quecksilbers und des Eisens, bei niederen und bei höheren Temperaturen bekannt ist, für andere Körper den Werth für K nur durch besonders angestellte Versuche ermitteln kann. Als Annäherung könnte man wohl annehmen, daſs die specifische Wärme eines Metalls sich proportional mit der des Quecksilbers verändere; allein selbst der hiebei entstehende Fehler würde im Werthe von l eine bedeutende Unrichtigkeit hervorbringen können, da K mit $10\,T$ multiplicirt wird. Noch fehlerhafter wird das Resultat, wenn man K geradezu den Werth giebt, der den niederen Temperaturen entspricht, und z. B. für das Zinn 0,051 beträgt.

Den Werth von t würde man, nach den von Dulong und Petit aufgefundenen Erkaltungsgesetzen, mittelst der *vor* und *nach* der Erstarrung beobachteten Erkaltungszeiten berechnen können. Allein da diese Gesetze nur dann gültig seyn können, wenn die Erkaltung regelmäſsig fortgeht, so folgt, daſs, im Fall das Metall

*) Wie Hr. Erman zu dieser in seinem Aufsatz angeführten Formel gelangt, kann ich nicht einsehen.

Digitized by Google

während derselben seinen Aggregatzustand ändert, die Erkaltungszeiten weder gleich vor noch gleich nach der Erstarrung so ausfallen, wie sie, wäre diese nicht eingetreten, seyn würden, indem die Solidification immer, wenigstens beim Zinn, Blei und Wismuth, von einer Volumensänderung begleitet ist, die, wie auch aus den Beobachtungen hevorgeht, 20 bis 30, ja vielleicht noch mehrere Grade unter der Erstarrungstemperatur störend auf die Regelmäfsigkeit der Erkaltungszeiten einwirkt. Der hienach berechnete Werth von t scheint mir folglich einer ziemlichen Ungenauigkeit unterworfen seyn zu können, und da t im Werthe von l als Divisor eingeht, so könnte die Bestimmung von l, schon unsicher durch die Schwierigkeit in der genauen Bestimmung von K, am Ende sehr fehlerhaft ausfallen.

Berechnet man nach dieser Methode die von mir, z. B. bei Erkaltung des reinen Zinns, gemachten Beobachtungen, und setzt $K=0{,}0586$, wie die specif. Wärme in der Nähe von 200°, in Vergleich mit der des Quecksilbers seyn würde, so bekommt man für die latente Wärme des Zinns etwa 12, statt 13,3, welche Zahl ich für dieselbe gefunden habe, und welche, wie ich glaube, nicht um eine ganze Einheit unsicher ist. —

VIII. *Ueber die mathematischen Ausdrücke für die mittlere Wärme der Luft und die magnetische Intensität; aus einem Schreiben des Hrn. Dr. Brewster an Hrn. Alex. von Humboldt.*

Allerly, am 20. Aug. 1830.

— Ich bin erstaunt zu sehen, dafs Hr. Prof. Kupffer nicht bekannt ist mit meiner Formel für die mittlere Wärme,

in der Annahme zweier Kältepole. Kürzlich habe ich sie verallgemeinert, und dadurch für die Temperatur T irgend eines Punkts der Erdoberfläche den folgenden Ausdruck erhalten:

$$T = (t - \tau)(\sin^n \delta \,.\, \sin^n \delta') + \tau.$$

Es bedeutet darin:

t = das Maximum der Aequatorial-Temperatur,

τ = die Minimum-Temperatur an jedem der Kältepole,

δ, δ' = die Abstände des Orts von jedem der Kältepole.

Diese Abstände werden durch die Formeln erhalten:

$$\cos \delta = \frac{\cos L \cos .\, (l - \vartheta)}{\cos \vartheta}$$

und

$$\operatorname{tang} .\, \vartheta = \cos M .\, \operatorname{tang} .\, L.$$

Hier ist L die Colatitude des Pols der gröſsten Kälte, l die Colatitude des Orts, und M der Längenunterschied zwischen dem Orte und dem Kältepol.

Die vorhergehende Formel ist auf die Annahme gegründet, daſs die Pole der gröſsten Kälte in entgegengesetzten Meridianen liegen und eine gleiche Temperatur besitzen; sie giebt eine Reihe zurücklaufender Curven von der Art der Lemniscaten.

Die Werthe von t und τ sind schon mit ziemlicher Genauigkeit bestimmt; t ist nahe 82°,5 F. und τ schwankt von 0° bis —3°,5 F. Der Exponent n beträgt beinahe $\frac{5}{8}$; fernere Beobachtungen mögen entscheiden, ob er zu verringern oder zu vergröſsern ist. Die Beobachtungen scheinen am besten dargestellt zu werden, wenn man den amerikanischen Pol unter 73° N. Br. und 100° L. W. von Greenwich, und den asiatischen Pol unter 73° N. Breite und 80° L. O. setzt.

Eine ähnliche Formel giebt die magnetische Intensität I irgend eines Punkts der Erdoberfläche, wenn man die Intensität beider Pole als gleich voraussetzt.

$$I = (S - s)(\sin^n \delta \,.\, \sin^n \delta') + s.$$

S ist die gröſste Zahl von Secunden, in welcher eine

Digitized by Google

gegebene Zahl von Schwingungen vollbracht wird; sie scheint zu St. Thomas stattzufinden. *s* ist die kleinste Secundenanzahl, welche an den Polen stattfindet.

Diese Formel führt zu einer Reihe zurücklaufender Curven, denen ähnlich, welche sich aus Hansteen's und Sabine's Beobachtungen ergeben. Fernere Beobachtungen sind erforderlich, um den Werth des Exponenten n zu bestimmen.

Die vorhin gegebenen trigonometrischen Formeln bestimmen δ und δ'. Die Formel läſst sich auch der Hypothese anpassen, daſs die beiden Pole ungleiche Intensitäten besitzen.

IX. *Ueber die Bestimmung der Skale des Thermometers der Accademia del Cimento; von Hrn. G. Libri.*

(*Annales de chim. et de phys. T. XLV. p.* 354.)

Die Untersuchungen über die Geschichte der Wissenschaften in Italien, mit denen ich seit einigen Jahren beschäftigt bin, haben mich nothwendig darauf geführt, eine groſse Anzahl physikalischer Beobachtungen, die zu verschiedenen Zeiten von italienischen Gelehrten gemacht wurden, mit einander zu vergleichen. Ich hatte bei diesem Vergleich die Absicht zu sehen, ob ich unter den vielen Widersprüchen, die ich beim Zusammenstellen der älteren Beobachtungen mit den neueren durch empfindlichere Instrumente erhaltenen, antreffen würde, wohl in einigen Fällen zu dem Resultate käme, daſs, in einer gegebenen Zeitperiode, die Mehrzahl der Fehler einen beständig abnehmenden oder beständig zunehmenden Gang befolgte. Denn, wenn mir dieſs begegnet wäre, würden mich die Grundsätze der Wahrscheinlichkeitsrechnung berechtigt haben zu

glauben, daſs die Gröſse, um deren Bestimmung es sich handelte, mit der Zeit variirte und eine Function derselben wäre. Diese Zusammenstellungen würden dahin führen, mittelst sehr unvollkommener Beobachtungen, den Einfluſs der Zeit auf die physikalischen Erscheinungen zu entdecken, gleich wie die alten und rohen Beobachtungen der Chinesen und Chaldäer zur Auffindung einiger seculären Variationen in der Bewegung der Gestirne geführt haben. Die Physik des Erdballs, wie die des Himmels, schlieſst eine groſse Anzahl mit der Zeit variirender Elemente ein *); und es sind vor Allem diese Elemente, zu deren Entdeckung die Geschichte der Wissenschaft dienen muſs, die dann auf diese Weise ein kräftiges Beförderungsmittel wird für alle Zweige der Physik. Unter den Aufgaben, die ich, bei Beschäftigung mit dieser Untersuchung, habe behandeln müssen, ist die über die Temperatur der Erde eine der wichtigsten.

Das Thermometer, erfunden gegen das Ende des 16ten Jahrhunderts von Galilaei **), und vervollkommt von Sagredo, wurde bald, unter den Händen von Viviani, Torricelli und ihren Zeitgenossen, ein meteorologisches Instrument. Borelli zu Pisa, Raineri und Andere zu Florenz, Cavalieri und Riccioli in der Lombardei, errichteten, unter der Leitung der Accademia del Cimento, ein sehr ausgedehntes System gleichzeitiger meteorologischer Beobachtungen, und zu derselben Zeit

*) Ohne von den Variationen der Magnetnadel sprechen zu wollen, muſs ich bemerken, daſs man die Schallgeschwindigkeit, wenn man die bekannten Messungen über dieselbe, von den ältesten an bis zu den jüngsten, mit einander vergleicht, fast immer abnehmend findet. Ich will zwar nicht behaupten, daſs die Schallgeschwindigkeit seit zwei Jahrhunderten abgenommen habe; allein es scheint mir doch, als könne man durch vervielfältigte Beobachtungen direct ersehen, ob diese Gröſse in Zukunft variire.

**) Nach Castelli und Viviani scheint es erwiesen, daſs Galilaei das Thermometer vor dem Jahre 1597 erfunden hat.

Digitized by Google

wurden die Mönche mehrerer Klöster in Toscana vom Groſsherzog Ferdinand II. beauſtragt, das Thermometer und andere damals bekannte meteorologische Instrumente regelmäſsig zu beobachten *). Man sammelte auf diese Weise eine ungeheure Menge von Beobachtungen, die zu einer gründlichen Kenntniſs der mittleren Temperatur der wichtigsten Punkte Italiens geführt haben würden, wenn nicht politische Gründe den Fürsten Leopold von Medicis, den Beschützer der Accademia del Cimento, bestimmt hätten, sich um den Cardinalshut zu bewerben; denn dieser wurde ihm nur unter der Bedingung bewilligt, daſs er die Academie, errichtet von ihm gegen den unversöhnlichen Haſs, mit dem der römische Hof das Andenken Galilaei's und seiner Schüler verfolgte, aufopfern würde. Demzufolge wurde die Accademia del Cimento aufgelöst, und man sah Borelli in den Straſsen Roms betteln gehen, sah Oliva, die Knochen von der Folter halb zerquetscht, sich entleiben, um neuen Qualen zu entfliehen, mit denen die Inquisition ihn bedrohte. Mehrere Handschriften von Galilaei und seinen Schülern wurden den Flammen Preis gegeben, und fast ein Jahrhundert hindurch hielt man alle übrigen für verloren. Indeſs, nachdem die meisten dieser Manuscripte zu den schmählichsten Anwendungen verbraucht worden waren, fand man, wie durch ein Wunder, einige Bände derselben wieder auf, nnd unter diesen einen Theil der Thermometer-Beobachtungen, welche der Pater Raineri, ein Schüler von Galilaei, im Kloster degli An-

*) Das Barometer, von Torricelli im J. 1642 erfunden, hat schon 1643 in Toscana zu Höhenmessungen gedient. (Man sehe Beriguardi, *Circulus Pisanus* 7, *pag.* 621. Ausgabe von 1643.) Der Versuch auf dem Puy de Dome von Pascal ist erst im J. 1646 angestellt. Um dieselbe Zeit gebrauchte Borelli das Barometer zur Vorhersagung des Wetters. Der Regenmesser ist noch viel älter. Leonh. da Vinci verfertigte gegen das Ende des 15ten Jahrhunderts ein Hygrometer, und im 17ten erfand Folli de Poppi ein Hygrometer mit Rädern.

Digitized by Google

geli zu Florenz 16 Jahre lang angestellt hatte. Diese Tagebücher enthalten zwar einige Lücken, sind aber desungeachtet eben so schätzbar durch ihr Alter, welches das aller bisher bekannten meteorologischen Beobachtungen um fast funfzig Jahre übertrifft, wie durch die Sorgfalt, mit welcher die Beobachtungen angestellt sind *).

Diese Sammlung, obgleich an sich sehr wichtig, kann indeſs für die Frage über die Temperatur der Luft nur durch ihren Vergleich mit neueren Beobachtungen von Nutzen werden. Allein es fehlen die Elemente zu diesem Vergleich. Denn einerseits hatte die Skale der Thermometer der Academiker del Cimento keine festen Punkte **), und andererseits hatte die Verfolgung, welche die Schriften der groſsen Männer von Florenz betraf, auch deren Instrumente nicht geschont. Diejenigen, welche der Zerstörung entgingen, waren Luxus-Instrumente, deren man sich fast nie bediente, während man keins jener kleinen Alkohol-Thermometer auffinden konnte, welche eine in funfzig Theile getheilten Skale besaſsen und von den Academikern del Cimento als sehr übereinstimmend im Gang beschrieben werden.

Da ich kein Mittel besaſs, das Verhältniſs unserer Thermometerskale zu jener der Academiker del Cimento direct zu bestimmen, so glaubte ich von ihren Beobachtungen diejenigen benutzen zu müssen, welche unter fast

*) Die Thermometerbeobachtungen wurden fünf Mal im Tage angestellt. Er besaſs zwei Thermometer, die er gleichzeitig beobachtete, mit der Vorsicht, sie möglichst gegen die Strahlung von umgebenden Körpern zu schützen; denn die Academiker del Cimento kannten nicht nur die Reflexion der leuchtenden Wärme, sondern auch die der dunkeln, wovon ihre Beobachtung über die Strahlung des Eises einen Beleg giebt.

**) Newton hat zuerst ein Thermometer mit zwei festen Punkten an den Enden der Skale verfertigt. Indeſs hatte schon Renaldini der Accademia del Cimento, zur Vergleichbarmachung der Thermometer, vorgeschlagen, zwei feste Punkte für die Enden der Skale zu nehmen.

Digitized by Google

unveränderlichen Umständen, wie z. B. beim Schmelzen von Eis, bei Ausdehnung gewisser Flüssigkeiten, den von ihrem Thermometer gezeigten Grad angeben *). Nachdem ich hiedurch einige feste Punkte bestimmt hatte, ergänzte ich durch Interpolation die Skale des Thermometers der Academiker del Cimento. Allein, obgleich ich auf die Wahl der dem Vergleich zum Grunde gelegten Elemente die gröſste Sorgfalt verwandt hatte, so ward ich doch bei weitem nicht befriedigt.

Glücklicherweise sind aber jetzt alle meine Ungewiſsheiten verschwunden, da man im vorigen Jahre zu Florenz einen Kasten entdeckte, der unter vielen andern alten Instrumenten, auch eine groſse Zahl von den in funfzig Theilen getheilten Thermometern der Accademia del Cimento enthielt. Diese Thermometer haben mich in den Stand gesetzt, ihre Skale mit der von Réaumur zu vergleichen. Ich machte zu dem Ende mehr als zweihundert vergleichende Beobachtungen. Die Mittelwerthe aus ihnen gaben mir Zahlen, die den durch Interpolation erhaltenen sehr nahe kamen. Ich fand auf diese Weise, daſs der Nullpunkt des Thermometers der Academiker del Cimento dem 15ten Grad Réaumur, und der 50ste Grad des ersteren dem 44sten des letzteren entspricht. In schmelzendem Eise zeigt das Thermometer del Cimento 13½ Grad.

Nachdem ich hiedurch den Werth der alten Thermometerskale aufgefunden, wandte ich ihn auf die meteorologischen Beobachtungen des Paters Raineri an, und leitete aus diesen die Mittelwerthe der Minima und Maxima für jeden Monat des sechzehnjährigen Zeitraums

*) Die Academiker del Cimento sagen, daſs ihr Thermometer in zerstoſsenem Eise um 13½ Grade falle. Meine Beobachtungen gaben mir 13½ weniger einer kleinen Gröſse, die ich vernachlässigt habe. Es folgt daraus, daſs der Nullpunkt der Thermometer der Academiker del Cimento sich nicht in die Höhe begeben hat, wie bei fast allen neueren Thermometern.

Digitized by Google

ab *). Beim Vergleiche dieser Mittelwerthe mit den Beobachtungen, die seit 1820 im Observatorium der frommen Schule zu Florenz angestellt werden, fand ich nur sehr geringe Unterschiede, wahrscheinlich als Folge des anderen Standpunkts der neuen Instrumente, die in einer Höhe von 84 Fuſs über dem Boden aufgestellt sind. Dieser Vergleich beweist, daſs die genannten Elemente sich seit 150 Jahren nicht merklich verändert haben, und daſs die in Toscana fast allgemein verbreitete Meinung, als habe die seit 60 Jahren eingetretene Entwaldung der Apenninen eine Temperaturverminderung oder wenigstens eine Vergröſserung des Maximums unserer Winterkälte veranlaſst, falsch ist. Im 17ten Jahrhundert waren die Apeninen in der That noch bewaldet, und dennoch fiel das Thermometer, während der 15jährigen Dauer der Beobachtungen, zweimal auf —5° und einmal auf —9° Reaumur, welche auſserordentliche Kälten auf zuverlässige Weise zeigen, daſs die Temperatur in Toscana seit jener Zeit nicht abgenommen hat **).

Ich wollte hier noch von den Beobachtungen **Borelli's** über die Wärme einiger Thiere und über andere ähnliche Gegenstände sprechen; allein da mich dieſs zu weit abführen würde, begnüge ich mich, als das Resultat derselben anzuführen, daſs in den Thieren, mit wel-

*) Im zweiten Bande der Annalen des Museums von Florenz findet man eine Tafel, worin man die Beobachtungen der Academiker del Cimento mit neueren Beobachtungen hat vergleichen wollen. Da aber der Verfasser, wie es scheint, nicht die Mittel gehabt hat, die Grenzpunkte der Skale des Thermometers del Cimento zu vergleichen, so hat er vorausgesetzt, der Nullpunkt derselben entspreche —9° Reaumur, während er in Wirklichkeit —15° Reaumur entspricht. Jene Bestimmungen in den Anlen des Museums können demnach nicht zu successiven Vergleichungen angewandt werden.

) **Borelli, *de Motu animalium*, *p.* 395., sagt, daſs die Temperatur des Herzen eines lebenden Hirsches 40 Grade des funfzigtheiligen Thermometers betrage; dieſs entspricht 32° Réaumur.

Digitized by Google

chen **Borelli** seine Versuche machte, die Wärme seit faſt zwei Jahrhunderten nicht abgenommen hat.

In den Registern der Accademia del Cimento findet man mehrere Beobachtungen über die Temperatur vieler in den Apenninen gelegenen Mineralquellen, deren Lage man gegenwärtig genau kennt. Diese Beobachtungen können für die Bestimmung des Bodens von Toscana von groſsem Interesse werden, und ich habe mir daher vorgenommen sie nach meiner Rückkehr in Italien zum Vergleiche mit den älteren zu wiederholen.

Ich kann diesen Aufsatz nicht schlieſsen, ohne nicht noch meinem Freunde, dem Ritter **Antinori**, Director des Museums in Florenz, für die Bereitwilligkeit, mit der er alle alten Instrumente zu meiner Verfügung stellte, meine ganze Erkenntlichkeit zu bezeugen.

X. *Ueber die Vulcane von Japan; von Hrn. Julius Klaproth.*

(*Annal. de chim. et de phys. T. XLV. p.* 348.) *).

Die vulcanische Kette, deren ersten Glieder im Süden sich auf der Insel *Formosa* befinden, erstreckt sich durch die *Liu-Khiu-Inseln* bis nach *Japan*, und von dort durch den Archipel der *Kurilen* nach *Kamtschatka*.

Die groſse Insel *Kiusiu*, mit welcher Japan in Südwesten anfängt, ist in ihren westlichen und südlichen Theilen sehr vulcanisch. Der *Unsen ga dake* **) (der hohe

*) Die in diesem Aufsatz enthaltenen Nachrichten schlieſsen sich denen an, welche Hr. **Leopold v. Buch** in seiner lehrreichen Zusammenstellung der Vulcane, im Bd. X. (86.) S. 345. dieser Annalen, gegeben hat. *P.*

**) Das Wort *duke* im Japanischen ist synonym mit *yo*, womit die Chinesen die höchsten Gipfel ihres Landes bezeichnen.

Digitized by Google

Berg der heiſsen Quellen) liegt, westlich vom Hafen *Simabara*, auf der groſsen Halbinsel, die den Bezirk *Takaku* in der Provinz *Fisen* bildet. Man sieht auf diesem Berge, wie auf den Halbinseln *Taman* und *Abscheron*, mehrere Krater, die schwarzen Schlamm und Rauch ausstoſsen. In den ersten Monaten des Jahres 1793 sank der Gipfel des *Unsen ga dake* gänzlich ein. Ströme siedenden Wassers drangen von allen Seiten aus der tiefen Höhlung, die dadurch entstanden war, und der Dampf, der sich darüber erhob, glich einem dicken Rauch. Drei Wochen hernach hatte der etwa eine halbe Lieue davon liegende Vulcan *Biwo-no-kubi* eine Eruption; die Flamme stieg zu groſser Höhe empor; die herabflieſsende Lava breitete sich mit Schnelligkeit am Fuſse des Berges aus, und in wenigen Tagen stand in einem Umkreis von mehreren Meilen Alles in Flammen. Einen Monat später erlitt die ganze Insel *Kiusiu*, und besonders der District von *Simabara*, ein erschreckliches Erdbeben; es wiederholte sich mehrmals und endete mit einem fürchterlichen Ausbruch des Berges *Miyi-yama*, welcher Alles mit Steinen bedeckte und besonders den Theil der Provinz *Figo*, der dem Hafen *Simabara* gegenüber liegt, in einen traurigen Zustand versetzte.

In dem Districte *Aso*, im Innern von *Figo* liegt der Vulcan *Aso-noyama*, welcher Steine auswirft und Flammen von blauer, gelber und rother Farbe. *Satsuma* endlich, die südlichste Provinz von *Kiusiu*, ist ganz vulcanisch und mit Schwefel angeschwängert. Ausbrüche daselbst sind nicht selten. Im Jahre 764 unserer Zeitrechnung stiegen aus dem Meer, welches den District *Kaga sima* bespült, drei neue Inseln hervor, die gegenwärtig bewohnt sind. Im Süden der südlichsten Spitze von *Satsuma* liegt *Ivoo-sima* (die Schwefelinsel), welche unaufhörlich brennt.

Das merkwürdigste vulcanische Phänomen in Japan fand im Jahre 285 vor unserer Zeitrechnung statt. Eine

Digitized by Google

ungeheure Einsenkung bildete damals in einer einzigen Nacht den groſsen See *Mitsu-umi* oder *Biwa-no-umi*, auf unseren Karten *Oïtz* genannt, in der Provinz *Oomi* auf der groſsen Insel *Niſon*. In demselben Moment, als diese Eisenkung geschah, stieg, in der Provinz *Suruga*, der *Fusi-no-yama*, der höchste Berg in Japan, aus der Erde empor. Im Jahre 82 vor Christus erhob sich aus dem See *Mitsu-umi* die groſse Insel *Tsiku bo sima*, welche noch existirt.

Der *Fusi-no-yama*, in der Provinz Suruga, an der Grenze der Provinz Kaï, ist eine ungeheure mit ewigem Schnee bedeckte Pyramide, und zugleich der bedeutendste und thätigste Vulcan in Japan. Im Jahre 799 hatte er einen Ausbruch, der vom 14ten Tage des 3ten Monats bis zum 18ten Tag des 4ten Monats dauerte und fürchterlich war. Die Asche bedeckte den ganzen Fuſs des Berges, und die benachbarten Bäche nahmen eine rothe Farbe an. Der Ausbruch im Jahre 800 geschah ohne Erdbeben, während denen im 6ten Monat des Jahres 863 und 5ten Monat des J. 864 ein solches voranging. Das letzte war sehr heftig; der Berg brannte in einer Erstreckung von zwei geographischen Quadratmeilen. Von allen Seiten stiegen Flammen 12 Toisen hoch hervor, begleitet von einem erschrecklichen Donner. Die Erdbeben wiederholten sich drei Mal, und der Berg stand zehn Tage lang in Brand; endlich platzte er nach unten hin auf, und es schoſs ein Regen von Asche und Steinen heraus, der zum Theil in einen gen Nordwest liegenden See fiel, und denselben in's Sieden versetzte, so daſs alle Fische darin umkamen. Die Verwüstung breitete sich auf eine Strecke von 30 Lieues aus, und die Lava floſs 3 bis 4 Lieues weit, hauptsächlich gegen die Provinz *Kaï* hin.

Im Jahre 1707, in der Nacht des 23. Tages im 11ten Mond, wurden zwei starke Erdstöſse verspürt. Der *Fusi-yama* öffnete sich, stieſs Flammen aus, und schleuderte

Digitized by Google

Asche 10 Lieues weit nach Süden, bis zur Brücke *Rasubats*, bei *Okabe*, in der Provinz *Suruga*. Am andern Morgen besänftigte sich der Ausbruch, er erneute sich aber mit noch gröſserer Heftigkeit am 25. und 26. Ungeheure Massen von Felsblöcken, von glühendem Sande und von Asche bedeckten die benachbarte Ebene. Die Asche wurde bis nach *Josi vara* getrieben, wo sie den Boden fünf bis sechs Fuſs hoch bedeckte, selbst bis nach *Jedo*, wo sie noch mehrere Zoll dick lag. Am Orte des Ausbruchs sah man einen weiten Schlund entstehen, an dessen Seite sich ein kleiner Berg erhob; man gab diesem den Namen *Foo ye yama*, weil er in den Jahren entstand, welche *Foo ye* genannt werden.

Nördlich von dem See *Mitsu umi* und der Provinz *Oomi* liegt der See *Jetsisen*, welcher sich längs der Küste des Meeres von *Korea* erstreckt, und im Norden von der Provinz *Kaga* begrenzt wird. In seiner Nähe liegt der Vulcan *Sira yama* (der weiſse Berg) oder *Kosi no Sira yama* (der weiſse Berg des Landes Kosi), von ewigem Schnee bedeckt. Seine merkwürdigsten Ausbrüche geschahen im J. 1239 und 1554. Man nennt ihn auch den weiſsen Berg von Kaga.

Ein anderer sehr thätiger Vulcan in Japan ist der *Asama yama* oder *Asama no dake*, nördlich von der Stadt *Komoro*, in der Provinz *Sinano*, eine der Provinzen im Mittelpunkt der groſsen Insel Nifon, nordöstlich von den Provinzen *Kaï* und *Musasi*. Er ist sehr hoch, brennt von seiner Mitte an bis zum Gipfel, und stöſst einen ungemein dicken Rauch aus. Er speit Feuer aus, Flammen und Steine, welche letztere porös und dem Bimstein ähnlich sind. Oft bedeckt derselbe die ganze Umgegend mit seiner Asche. Einer seiner letzten Ausbrüche ist der von 1783. Ihm ging ein erschreckliches Erdbeben voraus. Bis zum 1. Aug. warf der Berg Sand und Steine aus, Schlünde öffneten sich nach allen Seiten,

Digitized by Google

und die Verwüstung dauerte bis zum 6ten desselben Monats. Die Flüsse *Yoko gava* und *Kuru gava* geriethen in's Sieden. Der Lauf des *Yone gava*, einer der gröſsten Flüsse Japans, ward unterbrochen, und das kochende Wasser überschwemmte die Felder. Viele Dörfer wurden von der Erde verschlungen oder verbrannt und mit Lava bedeckt. Die Zahl der Menschen, die bei dieser Verwüstung um's Leben kamen, läſst sich unmöglich angeben. Die Zerstörung war unberechenbar.

In derselben Provinz giebt es einen geräumigen See Namens *Suwa-no-mitsu-umi*, aus welchem der groſse Fluſs *Tenriu gava* entspringt. Der See liegt nordwestlich von der Stadt *Taka-sima*, und nimmt eine groſse Anzahl heiſser Quellen auf, die in der Nachbarschaft seiner Ufer hervorsprudeln.

In der Provinz Yetsingo, nördlich von der von *Sinano*, befindet sich beim Dorfe *Kuru-gava-mura* ein ergiebiger Brunnen von Naphtha, welche die Einwohner in ihren Lampen brennen. In dem Districte *Gasi vara* findet man auch eine Gegend, deren steiniger Boden brennbares Gas aushaucht, gerade wie an mehreren Orten der Halbinsel *Abscheron*, wo die Stadt *Baku* liegt. Die Einwohner der Umgegend bedienen sich dieses Gases, indem sie eine Röhre in den Boden stecken, und es dann wie eine Fackel anzünden.

Der nördlichste Vulcan von Japan ist der *Yake yama* (der brennende Berg) in der Provinz *Mouts* oder *Oosiu*, er liegt auf der nordöstlichen Halbinsel, südlich von der Meerenge *Sangar*, zwischen *Tanab* und *Obata*, und wirft unaufhörlich Flammen aus. Die hohen Gebirge, welche die Provinz Mouts durchschneiden und diese von der Provinz *Dewa* trennen, enthalten gleichfalls mehrere Vulcane. Setzen wir über die Straſse von *Sangar*, so finden wir auf der groſsen Insel *Jeso* mehrere feuerspeiende Berge, so daſs wir die vulcanische Kette, wel-

Digitized by Google

che in *Formosa* anfängt, durch die *Kurilen* verfolgen können, bis nach *Kamtschatka*, dessen Vulcane in immerwährender Thätigkeit sind.

Die sechs Vulcane Japans, welche ich eben beschrieben habe, so wie die vier Berge, aus denen heiſse Quellen hervorbrechen, nämlich der *Kokensan* oder *Yuno dake* in Bungo, der *Fokuro san* in Dewa, der *Tate yama* in Jetsiu, und der *Foko ne yama* in Idsu, schlieſsen, den Japanesen zufolge, die zehn Höllen des Landes ein.

Die Berge *Fusi-no-yama* und *Sira-yama* werden als die höchsten in Japan angesehen. Auſser diesen beiden halten die Bewohner der Gegend die folgenden sieben Berge für *mi dake* oder sehr hohe Gipfel ihres Landes:

1) den *Fiaï yama* in der Provinz Oomi,
2) den *Fira-no-yama* ebendaselbst,
3) den *Iſuki yama* in Setsu,
4) den *Atako yama* in Yamasiro,
5) den *Kin bu san* in Yamatto,
6) den *Sin bu san* in Setsu,
7) den *Katsura ki yama* in Yamatto.

XI. *Ueber die Entdeckung urweltlicher Excremente.*

(Aus des Dr. Buckland's *Reliquiis diluvianis* und dessen Abhandlung: *On the Discovery of Coprolithes or Fossil Faeces, in the Lias at Lyme Regis, and in other Formations*, in den *Transact. of the Geolog. Societ. of London, Second Series, Vol. III. p.* 223., ausgezogen von v. D.)

Unter den mannigfaltigen Entdeckungen thierischer Ueberreste aus der Vorwelt in den festen Gesteinsschichten, welche die Erdrinde bilden, und in den Höhlen, welche sie durch-

Digitized by Google

durchziehen, sind wohl diejenigen sehr merkwürdig, welche der Prof. W. Buckland zu Oxford zuerst in der Höhle Kirkdale in Yorkshire gemacht und später noch auf eine andere Weise erweitert hat.

Jene Höhle ist im Sommer 1821 entdeckt, und in den *Philosophical Transactions* für 1822 beschrieben worden. Sie liegt in den ausgedehnten oolithischen Gebirgsbildungen des östlichen Theils von Yorkshire, in dem Oxford Oolith und Coral ray, in der Nähe des Thales von Pickering.

Man hat in ihr Hyänenknochen in solcher Menge gefunden, daſs es wirklich Erstaunen erregt. Die Zahl der Individuen, denen sie angehört haben müssen, wird auf mindestens 200 bis 300 geschätzt. Auſser den Hyänenknochen fanden sich darin Knochen von Tigern, Bären, Wölfen, Füchsen, Wieseln, Elephanten, Rhinoceroten, Hippopotamen, Ochsen, Hirschen mehrerer Arten, von Hasen, Kaninchen, Ratten und Mäusen, selbst von einigen Vögeln.

Die meisten dieser Knochen sind zerbissen und angenagt, und es lassen sich daran noch die Eindrücke der Zähne bemerken, welche sie auf diese Weise zerstört haben. Obgleich jene Hyänen nicht einer der jetzt lebenden Species angehört haben, so müssen sie doch mit einem ähnlichen Instinkte wie diese begabt gewesen seyn. Die Hyänen stehen ihrem Bau nach zwischen den Katzen und Hunden, verzehren nicht wie die ersteren, beinahe ausschlieſslich lebende Beute, sondern sind wie die letzteren gierig auf faules Fleisch und Knochen. Kein Thier besitzt eine so groſse Stärke in den Kinnladen, so harte Zähne, als die Hyäne, und sie sind daher auch am meisten geschickt Knochen zu zermalmen. Es wurde daher sehr wahrscheinlich, daſs jene Knochen von den Hyänen der Vorwelt angenagt und gefressen wurden. Alle Thiere aber, die Knochen fressen, geben auch feste, kalkige Excremente von sich; und da diese den zerstörenden Ein-

Digitized by Google

flüssen, gleich den Knochen selbst, widerstehen, so müssen sie sich auch mit denselben erhalten haben.

Und wirklich hat Hr. Buckland in jener Höhle eine Substanz aufgefunden, der ähnlich, welche in der älteren Materia medica *Album graecum* genannt wird, und welche ohne allen Zweifel für das Excrement der Hyäne angesehen werden muſs. Ihre äuſsere Gestalt ist die einer unregelmäſsig zusammengedrückten Kugel, wie die Excremente der Schafe, im Durchmesser von $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Zoll haltend. Die Farbe ist gelblichweiſs, der Bruch gewöhnlich erdig und dicht, dem Speckstein ähnlich, bisweilen körnig; in dem dichten Bruche bemerkt man kleine zellige Höhlungen, und in einigen derselben finden sich kleine unverdaute Splitter von dem Email der Zähne. Als diese Körper dem Wärter der wilden Thiere in Exeter Change in London vorgezeigt wurden, erkannte er sie auf den ersten Blick als ähnlich in Form und Ansehen den Excrementen der gefleckten Hyäne vom Cap der guten Hoffnung, welche gieriger als alle andere Thiere, die er zu pflegen hatte, Knochen friſst.

Der verewigte Wollaston, welcher diese Körper dem Thier-Wärter gezeigt hatte, untersuchte auch ihre chemische Zusammensetzung, und fand darin, was sich wohl in excrementaler Materie, die aus Knochen entstanden ist, erwarten läſst, wesentlich phosphorsauren und kohlensauren Kalk, und einen geringen Antheil von phosphorsaurem Talkerde-Ammoniak. Animalische Materie war nicht mehr darin zurückgeblieben, und der ursprünglich erdige Zustand, die Aehnlichkeit mit Knochensubstanz erklärte den hohen Grad von Erhaltung, worin sich diese Körper befinden.

Die Ursache, warum die Höhle von Kirkdale nur zerbrochene und angenagte Knochen enthält, ist nun keinen Augenblick mehr zweifelhaft, da die Producte dieser Zernagung durch die Hyänen jetzt aufgefunden worden sind. Indeſs haben diese vorweltlichen Hyänen, wel-

Digitized by Google

che die Höhle lange Zeit hindurch bewohnten, nicht nur alle die groſsen Thiere ganz oder theilweise hineingeschleppt und bis auf die wenigen Ueberreste fester Knochentheile aufgefressen, welche sich jetzt noch darin finden, sondern sie haben auch ihr eigenes Geschlecht nicht verschont, und die abgelebten Hyänen theilten mit den anderen Thieren gleiches Schicksal; sie wurden verspeiſst.

Es wurde der Versuch mit einer lebendigen Hyäne gemacht; sie fraſs nur diejenigen Theile gröſserer Knochen, welche jetzt an denen von Kirkdale fehlen, und lieſs die festesten Theile derselben und Splitter zurück, denen ganz analog, welche sich in der Höhle in so groſser Menge finden. Auch die kalkigen Excremente der jetzt lebenden Hyäne sind von jenen der Höhle nicht verschieden, selbst wenn man sie neben einander legt.

Seitdem dieses Factum in's Klare gesetzt worden ist, hat man viele Körper in den Gebirgsformationen, worin sich die Ueberreste groſser Reptilien finden, entdeckt, deren excrementale Beschaffenheit gegenwärtig mit mehr oder weniger Gewiſsheit als erwiesen angesehen werden kann. Schwerlich würde man dahin gelangt seyn, ihnen diesen Ursprung nachzuweisen, wenn nicht das *Graecum album* von Kirkdale den Weg dazu gezeigt hätte.

Schon längst kannte man unter den Versteinerungen des Lias von Lyme Regis zahlreiche Körper, die wegen ihrer Aehnlichkeit mit den Gallenconcretionen der Bezoarziege Bezoarsteine genannt wurden. Ihr Ursprung war unbekannt, und zweifelhaft, bis Hr. Buckland sie im J. 1825 für die versteinerten Excremente der groſsen Saurier erkannte, deren Knochen so häufig in dem Lias vorkommen. Dr. Wollaston fand auch in diesen Körpern phosphorsauren Kalk in Menge, und bestätigte dadurch von der chemischen Seite die Vermuthung über ihren Ursprung. Hr. Buckland nennt diese Körper *Coprolithen.* Sie sind besonders häufig im Lias an der Küste von Lyme Regis beobachtet worden, es ist aber

Digitized by Google

wahrscheinlich, daſs sie sich überall da finden werden, wo derselbe viele Knochen von Sauriern enthält; wie an der ausgedehnten Küste von Whitby in Yorkshire, in der Umgegend von Bath und Barrow-on-Soar. Die meisten dieser Coprolithen kommen lose und ausgewaschen aus dem Lias an der Küste vor, viele aber auch wie Septarien in dem Liasschiefer und den kalkigen Schichten zerstreut. Sie bilden bisweilen den Kern von kleinen Septarien und sind mit Gyps- oder Barytkrystallen bedeckt, welche strahlenförmig von ihrer Oberfläche auslaufen. Die in dem Gesteine eingeschlossenen Exemplare sind niemals gerollt, sondern haben ihre natürliche Oberfläche erhalten, wie sie von den Thieren in dem weichen Schlamm gefallen und darin ungestört erhalten worden sind, bis derselbe zu Lias erhärtete. Die Bestimmtheit, mit der sich über den Ursprung dieser Coprolithen urtheilen läſst, beruht auf der Beobachtung von Hrn. Buckland, daſs sie sich häufig in der abdominalen Gegend der vielen kleinen Skelette von Ichthyosauren finden, welche zu *Lyme Regis* vorkommen, und zu deren Entdeckung der Eifer von Miſs Mary Anning so viel beigetragen hat. Bei mehrerer Aufmerksamkeit lassen sie sich beinahe in jedem wohlerhaltenen Skelett von Ichthyosauren innerhalb der Rippen oder in der Nähe des Bekken entdecken.

Die Knochen der Saurier kommen besonders häufig in einigen Schichten des Lias vor, und diese enthalten auch nun die sogenannten Bezoarsteine, während andere sie nur selten oder niemals zeigen.

Die Coprolithen, welche auf diese Weise als den Ichthyosauren ganz bestimmt angehörend erkannt werden, können füglich Ichthyosauro-copri genannt werden. An einem bestimmten Unterschiede zwischen den Coprolithen, welche den Ichthyosauren und welche den Plesiosauren angehören, fehlt es noch; doch da jetzt Plesiosauren-Skelette gefunden worden sind, welche dieselben

Digitized by Google

enthalten, so wird diese Frage wohl bald entschieden werden können. Die Plesiosauren scheinen, nach dem geringeren Umfang der Kinnladen zu urtheilen, weniger gefräſsig, oder wenigstens nicht so geschickt gewesen zu seyn, groſse Thiere zu verschlingen; doch da sie fleischfressend waren, ihre Beute ganz verschlangen, so müssen sie auch ihren Theil zu den Coprolithen beigetragen haben, welche sich im Lias finden.

Dieselben sind verschiedenartig genug, um mehrern Species von Sauriern angehören zu können; als Ichthyosauro-copri lassen sich jedoch nur die betrachten, welche noch in den Skeletten derselben vorkommen, oder diejenigen Exemplare, worin sich Knochen von Thieren befinden, die zu groſs waren, als daſs sie von dem *Plesiosaurus dolichodeirus* hätten ganz verschlungen werden können, und die man ihrer Gröſse wegen keinem andern Geschlecht zuschreiben kann.

Diese Coprolithen gleichen in ihrer Gestalt länglichen Geschieben oder Nieren-Kartoffeln, sie sind 2 bis 4 Zoll lang, 1 bis 2 Zoll im Durchmesser. Einige wenige sind viel gröſser, im Verhältniſs zu der Gestalt der gröſsten bis jetzt bekannt gewordenen Ichthyosauren; andere sind klein, und mögen wohl jüngeren Thieren desselben Geschlechts angehört haben; andere sind platt und ohne bestimmte äuſsere Gestalt, als wenn sie in weichem Zustande aus den Thieren gekommen wären; noch andere sind durch den Druck des Gesteins flach gepreſst. Die gewöhnliche Farbe ist aschgrau, bisweilen mit schwarzen Punkten, bisweilen ganz schwarz. Ihre Masse ist von erdiger dichter Textur, verhärtetem Thon ähnlich, von muschlichem und schimmerndem Bruche. Sie sind gewunden, die Zahl der Windungen ist sehr verschieden; es sind deren gewöhnlich drei, bisweilen aber auch sechs. Diese Abweichungen mögen in Beziehung auf die verschiedenen Species von Thieren stehen, von denen sie herrühren. Aehnliche Abweichungen kommen in den ge-

Digitized by Google

wundenen Eingeweiden der jetzt lebenden Rochen und Hayfische vor. Einige Coprolithen, besonders die kleineren, zeigen keine Spuren von Windungen und überhaupt von bestimmter äuſserer Form.

Die Durchschnitte dieser Excremente zeigen, daſs ihr Inneres aus einem gefaltenen Streifen besteht, welcher spiralförmig vom Mittelpunkt nach Auſsen gewunden ist, beinahe wie eine gewundene Schnecke; ihr Aeuſseres zeigt die Runzeln und feinen Eindrücke, die sie wahrscheinlich im weichen Zustande von den lebendigen Thieren erhalten haben. Unregelmäſsig, aber vielfach zerstreut durch die ganze Masse dieser Excremente sind die Schuppen, und bisweilen auch die Zähne und Knochen von Fischen, welche unverdaut durch die Saurier gegangen sind, wie das Email der Zähne und kleine Knochensplitter in dem *Album graecum* der urweltlichen und der jetzigen Hyänen vorkommen. Diese Schuppen sind die farbenspielenden Schuppen von Dapedium politum und anderen Fischen, die im Lias vorkommen, und die hiernach keinen geringen Theil der Nahrung der Saurier gebildet zu haben scheinen. Die Knochen sind meistentheils Wirbel von Fischen und Ichthyosauren, die letzteren weniger zahlreich, aber doch hinreichend, um zu beweisen, daſs diese Ungeheuer die kleineren und schwächeren Individuen ihrer eigenen Species verschlungen haben. Ein groſser Coprolith enthält einen Wirbelknochen von mehr als einem Zoll im Durchmesser, der einem Ichthyosaurus von vier Fuſs Länge angehört haben muſs; die Kinnladen groſser Ichthyosauren zeigen, daſs sie vollkommen ausreichten noch gröſsere Thiere zu verzehren. Um so mehr ist es wahrscheinlich, daſs die Ueberreste des Dintenfisches in diesen Excrementen bei Lyme Regis vorkommen. Hr. Prout giebt an, daſs die schwarze Substanz, welche diese Excremente bisweilen färbt, viel Aehnlichkeit mit der fossilen Sepia aus dem Lias zeige, die er ebenfalls untersucht hat. Diese Muthmaſsung

Digitized by Google

wird dadurch verstärkt, daſs viele dieser Körper kleine schwarze Ringe enthalten, welche in Form und Masse den halbknochenartigen oder hornigen Ringen der Saugwarzen von Cephalopoden ähnlich sind. Obgleich dieselben viele animalische Materie und wenig Kalk enthalten, so scheinen sie doch eben so, wie die Fischschuppen, welche mit ihnen ihren Gang durch die Verdauungswerkzeuge der groſsen Reptilien genommen haben, der Zerstörung entgangen zu seyn, welche den gröſsten Theil der Knochen betroffen hat. Diese Frage verdient allerdings Aufmerksamkeit, da die Fischschuppen viel weniger Kalk als die Knochen enthalten. Die Substanz der Ringe an den Saugwarzen des jetzigen Loligo und anderer Cephalopoden ist der halbdurchsichtigen und hornigen Substanz der Fischschuppen sehr ähnlich; beide sind in den Coprolithen unzerstört erhalten worden. Beinahe die Hälfte der zu Lyme Regis vorkommenden Coprolithen enthält diese Ringe; doch ist es wohl zweifelhaft, ob sie wirklich den Saugwarzen des Loligo und anderer Cephalopoden angehören, da sie niemals so groſs sind, als die gröſsten Ringe des jetzigen Loligo, und in dem Lias die Ueberreste eines Fisches vorkommen, dessen Wirbel viel Aehnlichkeit mit denselben haben.

Aehnliche Körper sind schon längst aus dem Lias bei Westbury, Aust Passage und Watchet an den Ufern der Severn bekannt gewesen, aber sie wurden niemals für das erkannt, was sie sind: Excremente aus verdauten Knochen gebildet. Sie finden sich in einer schwachen Schicht von sandigem glimmerreichen Lias, so angefüllt mit den Knochen, Zähnen und Stacheln von Reptilien und Fischen, daſs eine Knochenbreccie entstanden ist, welche das unterste Lager der ganzen Liasformation ausmacht. Die Knochen gehören gröſstentheils kleinen unbekannten Reptilien an, aber auch die von Ichthyosauren und Plesiosauren finden sich darunter; sie sind zerbrochen, nicht sehr stark abgerieben, die zusammengehö-

Digitized by Google

rigen Stücke zerstreut. In der schönen Arbeit über das südwestliche Kohlengebirge *) sind die darin vorkommenden Coprolithen von Buckland und Conybeare als unregelmäſsige Körper von verschiedener Form, gewöhnlich cylindrisch, mit abgerundeten Enden beschrieben. Sie wurden für abgeriebene Gaumen und Knochenstücke gehalten, an Excremente wurde nicht gedacht. Neuerlich hat ihnen Hr. Dillwyn den Namen *nigrum graecum*, ihrer Aehnlichkeit mit dem *album graecum* von Kirkdale und ihrer schwarzen Farbe wegen, beigelegt. Hr. J. S. Miller von Bristol, der berühmte Verfasser der Encrinoidea, hat schon ihren Ursprung gemuthmaſst. Nur wenige dieser Coprolithen von den Severn sind denen von Lyme Regis ähnlich, die meisten sind kleiner, ohne Windungen, und nur selten enthalten sie Schuppen und Knochen. Auſsen sind sie glänzend schwarz, auf dem Bruche von brauner Farbe; ihre Masse ist dicht, der Bruch splittrig, bisweilen muschlig; ihre Oberfläche ist glatt, wie polirt, wahrscheinlich eine Wirkung der Eingeweide, worin sie gebildet wurden. Die schwarze Färbung zeigen auch die Knochen und Zähne, welche mit ihnen gefunden worden, daher es zweifelhaft, ob sie etwas eigenthümliches ausmacht. Die Gröſse derselben wechselt zwischen der einer kleinen Kartoffel und eines Hanfsaamenkornes, ihre Gestalt ist theils denen der Gallen- und Lebersteine der Menschen ähnlich, stumpfeckig; andere sind kugelig wie die Excremente von Schafen, oder cylindrisch, wie die von Ratten und Mäusen, andere flach wie eine Bohne, oder polyedrisch. Es ist noch nicht ausgemacht, von welchen Thieren die kleineren dieser Excremente herrühren, viele gehören wahrscheinlich den kleinen Reptilien an, andere den Fischen, deren zerbrochene und zerstreute Knochen, Zähne, Gaumenstücke, Stacheln so häufig in derselben Breccie vorkommen, andere mögen vielleicht den Nautilen, Ammoniten, Belem-

*) *Geol. Trans. Sec. Series, Vol. I. p.* 302.

Digitized by Google

niten und sonstigen Cephalopoden zugehören, welche die Periode des Lias in groſser Menge belebten.

Die Ausdehnung und Masse dieser Coprolithen-führenden Breccie an der Mündung der Severn ist sehr ausgedehnt. An dem östlichsten Ende von Blue Anchor Bay bei Watchet ist der Lias voll von diesen excrementalen Körpern, gemengt mit Zähnen, und zerstreuten Schuppen von Fischen und mit Zähnen und Knochen von kleinen unbekannten Sauriern; dieselbe Breccie kommt in dem Bette des Parrotflusses, 5 engl. Meilen unterhalb Combwich, vor.

In dieser sind Excremente und Knochen selten, Schuppen von Fischen häufig. In den Knochenbreccien von Bawdrip, östlich von Bridgewater, St. Hilary bei Cowbridge, Gold Cliff in Glamorganshire, und Wickwar in Gloucestershire, sind bisher noch keine Excremente aufgefunden worden, dagegen sind dieselben häufig im Lias von Bath Easton und von Broadway Hill bei Evesham.

Die merkwürdige Erscheinung einer Gebirgsschicht von einer mehrere Meilen betragenden Ausdehnung, und ansehnlicher Mächtigkeit, deren Masse an einigen Punkten bis zu dem vierten Theile aus Coprolithen besteht, wird allein erklärlich durch ihre Stellung an dem tiefsten Punkte der Liasbildung; hier muſs lange Zeit der Boden eines früheren Meeres gewesen seyn, und der Sammelplatz der Excremente und der Knochen seiner Bewohner, die *Cloaca maxima* der früheren Gegend von Gloucestershire. Diese Periode zwischen der Bildung des Keupers und des Lias muſs durch eine lange Ruhe ohne Absatz steiniger Niederschläge bezeichnet worden seyn. In der groſsen Bildung der Lias findet sich nirgends eine solche Anhäufung von Coprolithen wiederholt, sie kommen nur einzeln und zerstreut in der Gebirgsmasse und eingeschlossen in den Skeletten der Ichthyosauren vor. Unter den Schichten zu Lyme Regis, welche voller Knochen sind, ist eine Mergellage von 3 Fuſs Mächtigkeit,

Digitized by Google

worin Sauro-Coprolithen vorzüglich gefunden werden, aber selbst hierin sind sie weit zerstreut, und nur einmal wurden zwei zusammen, aber dicht bei einem Ichthyosauren-Skelett gefunden, als wenn sie im Todeskampf diesem Thier entfallen wären. An den Klippen, ¼ engl. Meile westlich von dem Hafen von Lyme Regis, kommt in dem Liasmergel, über den Schichten, welche die meisten Saurierknochen enthalten, eine Lage von kalkigem Lias, etwa 6 Zoll mächtig, worin sich eine Anhäufung von unregelmäſsigen, stumpfeckigen Coprolithen findet, denen aus der Knochenbreccie von den Ufern der Severn ähnlich, und so verschieden von denen, welche in den tieferen Schichten mit den Knochen der groſsen Saurier zusammen vorkommen, daſs sie nicht denselben, sondern wohl Fischen, Cephalopoden oder anderen unbekannten Thieren zuzuschreiben seyn möchten. Diese Anhäufung bezeichnet aber wohl einen Stillstand in der fortschreitenden Bildung des Lias.

Im Allgemeinen muſs aber diese Bildung von der Art gewesen, daſs viele der damaligen Meeresbewohner noch lebendig oder gleich nach ihrem Absterben eingeschlossen wurden; dieſs bewiesen die vielen ganz erhaltenen Skelette junger und alter Individuen der Saurier; der ungestörte Zustand der versteinerten Fische, der Sepiabeutel in Verbindung mit den hornigen Theilen eines fossilen Loligo und anderen Cephalopoden. Diese zarten Massen hätten zerstört werden müssen, wenn sie nicht beim Leben dieser Thiere oder unmittelbar nach dem Tode in einen weichen und engumschlieſsenden Schlamme, der die Einwirkung der Atmosphäre gänzlich ausschloſs, eingewickelt wurden. In einem fossilen Fische, in der Sammlung von Miſs Philpots, findet sich sogar noch ein Ichthyocoprus zum Beweise, daſs derselbe vor der Verwesung der weichen Theile vom Gesteine eingeschlossen wurde.

Die Entdeckung, daſs die kalkigen Excremente kno- … hlingender Thiere sich unter günstigen Verhält-

Digitized by Google

nissen in einer in der Mitte der Flötz- oder Secundär-Bildungen stehenden Gebirgsformation erhalten haben, verbunden mit der, daſs aus einer relativ viel neueren Zeit die Excremente der knochenfressenden Hyänen in den Höhlen aufbewahrt geblieben sind, hat unmittelbar zu der Vermuthung geführt, daſs in allen Gebirgsbildungen, welche die Ueberreste ähnlicher Thiere enthalten, auch deren Productionen sich finden würden.

In einer der älteren Gebirgsbildungen, dem Berg- oder Kohlenkalksteine (*Mountain* oder *Carboniferous limestone*) fand Hr. J. S. Miller in Bristol bei Cliston Coprolithen, und zwar unter sehr analogen Verhältnissen, als solche in der Knochenbreccie des Lias jener Gegend vorkommen; nämlich in der tiefsten Lage jener Gebirgsbildung unmittelbar über dem alten rothen Sandstein (*old red sandstone*), gemengt mit kleinen Knochen, Zähnen, von Fischen, Gaumenstücken von wenigstens zehn verschiedenen Species, Stacheln von Balisten, Zähnen von Hayfischen und Bruchstücken der unterliegenden Gebirgsschicht. Dieses Verhalten zeigt auch hier einen Zustand der Ruhe an, in welchem die Oberfläche des alten rothen Sandsteins den Meeresboden bildete, und der jetzt darüber liegende Kalkstein noch nicht sich niederzuschlagen anfing.

Diese Coprolithen sind alle klein, und möchten wohl sämmtlich zu verschiedenen Abarten des Ichthyocoprus gehören.

In den meisten derjenigen Formationen, welche jünger sind als der Lias, haben sich bereits Coprolithen mehr oder weniger deutlich gefunden.

In dem Oolith sind dieselben bei Osmington Mill an der Küste von Dorsetshire, etwa 4 engl. Meilen östlich von Weymouth, in der mittleren Abtheilung, in dem sogenannten Oxford-Oolith gefunden worden, und am Shotoverhill, in der Nähe von Oxford, im Kimmeridge-Clay. Diese letzteren sind jedoch nicht recht deutlich,

Digitized by Google

sie sind klein, nicht gröſser als eine Lambertsnuſs, andere haben eine unregelmäſsige Form, wie die im Lias von Westbury und Watchet.

In dem Hastings-Sand von Tilgate Forest, worin so viele Reptilien von ungeheurer Gröſse durch die Bemühungen von Hrn. Mantell in Lewis gefunden worden sind, fehlen auch die Coprolithen nicht; sie enthalten Fischschuppen, haben eine spiralförmige Structur, die gewundene Masse ist aber nicht flach, wie bei denen von Lyme Regis, sondern von cylindrischem Querschnitte. Es ist noch nicht ermittelt, welcher Species von Thieren sie angehören mögen.

Der Grün-Sand enthält Coprolithen, und sind in ihm in Wiltshire von Hrn. Richardson, und in der Nähe von Lyme Regis von Miſs M. Anning entdeckt. Dr. Prout's Analyse hat gezeigt, daſs sie, auſser phosphorsaurem und kohlensaurem Kalk, eine beträchtliche Menge von Kieselerde enthalten.

Höchst merkwürdig sind die Coprolithen der Kreide, welche so lange als Tannenzapfen von Woodward, Parkinson und anderen Schriftstellern beschrieben worden sind. Ihre Aehnlichkeit mit denen von Lyme Regis ist zu auffallend. Sie bestehen aus einem platten Streifen von verdauten Knochen, der, in einem bildsamen Zustande wie Glaserkitt, spiralförmig wie ein Bandwurm um sich selbst gewunden wurde. Der Streifen ist dünner, als bei den Sauro-Coprolithen. Fischschuppen finden sich zahlreich in der Masse, und Runzeln oder Eindrücke von der Membrane der Eingeweide, worin sie gebildet wurde, auf der Oberfläche. Sie sind $\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll lang, cylindrisch, und nehmen an einem Ende im Durchmesser ab, der $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll beträgt. Ihre Structur weicht daher wesentlich von der irgend eines Tannenzapfen ab; von den Samenkapseln ist keine Spur vorhanden. Die chemische Analyse beweist auch hier wieder die Aehnlichkeit mit Knochensubstanz. Dr. Prout fand sie haupt-

Digitized by Google

sächlich aus phosphorsaurem Kalk bestehend, und völlig übereinstimmend in ihrer Zusammensetzung mit den fossilen Fischwirbeln aus der Kreide bei Lewes. Das Thiergeschlecht, dem sie angehörten, ist noch nicht ermittelt; bis dahin mögen sie Julo-eido-coprolithen heiſsen. Sie sind von den Sauro-Coprolithen von Lyme Regis sehr verschieden. Knochen von Sauriern kommen kaum mit ihnen zusammen vor; es ist daher wahrscheinlicher, daſs sie den Haifischen, Rochen, Balisten und anderen Fischen angehören, deren Zähne, Gaumenstücke und Stacheln so häufig in der Kreide sind. Die gewundene Structur der Eingeweide der jetzigen Haifische, welche 34 Drehungen auf 10 Zoll Länge machen, bietet eine Analogie zur Erklärung der spiralförmigen Gestalt dieser Julo-eido-coprolithen dar. Die jetzigen Rochen und Hundshaie haben einen kurzen spiralförmigen Darm, der inwendig wie eine Schraubenmutter oder eine Wendeltreppe gewunden ist; wird derselbe, wie es Hr. Buckland gethan, mit römischen Cement ausgespritzt, so erhält man Körper, welche diesen Coprolithen völlig ähnlich sind.

Auch in dem Mastrichter Gesteine, welches zunächst auf die weiſse Kreide folgt, finden sich die Julo-eido-Coprolithen, wie in der Kreide von England.

Interessant ist noch die Entdeckung des Hrn. Mantell von Coprolithen ohne innere Windungen in der Kreide bei Lewes. Ein Exemplar derselben findet sich in dem Körper eines fossilen Fisches, *Amia Lewesiensis* *), in unmittelbarer Berührung mit der Luftblase. Dieses verdient wohl den Namen *Amia-coprus*, so wie die ähnlichen vielfach vorkommenden Körper gewiſs Ichthyo-copri sind.

Burtin hat bereits in seiner *Oryctographie de Bruxelles* einen Körper abgebildet, und für eine Frucht gehalten, der die gröſste Aehnlichkeit mit dem Julo-eido-Coprolithen der englischen Kreide hat; auch in dem Lon-

*) Mantell *Geol. of Sussex*, *p.* 239., *Platte* 38.

Digitized by Google

don Clay der Insel Sheppy finden sich Coprolithen, welche in ihrer Form denen aus dem Lias der Ufer der Severn ähnlich sind. Ein Körper, den Hr. Lyell in dem Cray bei Southwold in Suffolk fand, und von der Gröſse eines Enteneies ist, kann man nicht mit Bestimmtheit für einen Coprolithen ansehen, obgleich er aus phosphorsaurem Kalk und Eisenoxyd besteht, da ihm die sonst gewöhnliche Structur derselben fehlt.

Hr. Murchison fand Coprolithen in dem Schieferthon der Kohlenformation von Fuveau, bei Aix in der Provence, die den Süſswasserbildungen angehört, und in dem schiefrigen Süſswassermergel, welcher die merkwürdigen fossilen Insekten über der Gypsbildung dicht bei Aix enthält. Die letzteren sehen einer Raupe ähnlich.

Sämmtliche Coprolithen, welche bisher beschrieben worden sind, hat Hr. Prout analysirt, und als Hauptbestandtheile phosphorsauren und kohlensauren Kalk erkannt, mit geringen Antheilen von Eisen, Schwefel, Kohle und verschiedenen anderen, ganz zufälligen Beimengungen. Das relative Verhältniſs der Hauptbestandtheile ist in den verschiedenen Exemplaren nicht allein verschieden, sondern selbst in den verschiedenen Theilen eines und desselben Exemplares, so daſs der phosphorsaure Kalk $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{4}$ der ganzen Masse ausmacht. Der Schwefel scheint in Verbindung mit Eisen als Schwefelkies als etwas fremdartig Hinzugekommenes daran befindlich zu seyn, das Eisen auch wohl im oxydirten Zustande. Die schwarz gefärbten Exemplare erhalten diese Farbe von kleinen Mengen einer kohligen Masse. Die Grundmasse dieser Körper ist daher Knochensubstanz. Ein sehr unangenehmer animalischer Geruch tritt bei der Auflösung in Salzsäure sehr bestimmt hervor. Hr. König hat daraus schon früher den organischen Ursprung der Julo-eido-coprolithen aus der Kreide von Lewes gemuthmaſst.

So sind also in den Bildungen aller Perioden von dem ersten Auftreten der Wirbelthiere an, bis zu der

Digitized by Google

Zeit herab, wo Hyänen das *Album graecum* in ihren unterirdischen Höhlen anhäuften, die Excremente der fleischfressenden Thiere, sowohl der das Wasser als das Land bewohnenden, aufgefunden worden, in dem Kohlenkalksteine, dem Lias, dem Oolith, dem Hastingssande, dem Grünsande, dem Kreidemergel und der Kreide, dem Mastrichter Gesteine, dem London Clay, den Süſswasserbildungen von Aix in der Provence, und endlich so deutlich in vielen Knochenhöhlen *). In allen diesen Bildungen beweisen die Coprolithen den Krieg, den die auf einander folgenden Geschlechter der Bewohner unseres Planeten mit einander geführt haben.

Um den Lesern eine deutlichere Vorstellung von dem äuſseren Ansehen der Coprolithen zu verschaffen, sind auf der Kupfertafel No. IV. einige in dieser Hinsicht vorzugsweis lehrreiche Exemplare abgebildet worden.

Fig. 1. ist ein Sauro-coprus, an welchem die äuſsere spiralförmige Structur dieser Körper zu sehen ist.

Fig. 2. ebenfalls ein Sauro-coprus, im Lias von Lyme

*) Auch in Deutschland, wo man bisher den Coprolithen wenig Aufmerksamkeit geschenkt hat, kommen diese Gebilde vor. Zufolge einer Nachricht des Grafen Münster (Leonhard's Jahrbuch d. Mineralogie u. s. w. 1830, S. 445.) finden sie sich vorzüglich häufig und unter mancherlei Gestalt in dem *Solenhofer* lithographischen Schiefer. In dem Kreideformationen von Westphalen, vorzüglich in den zum Grünsand gehörenden Kalkmergeln von Haldem bei Lemförde, kommen, unter mehreren andern Arten von Coprolithen, auch diejenigen vor, welche Hr. Buckland Julo-copros nennt.

Ganz dieselben Knochen, welche man zu Kirkdale fand, sind übrigens in späterer Zeit von den HH. Marcel de Serres, Dubreuil und Jean-Jean in den Höhlen, beim Dorfe Lunel-Vieil, vier Lieues westlich von Montpellier, entdeckt. Auch hier fanden sich, neben einer Menge angenagter Knochen verschiedener Thiere, jene Massen, die, nach Hrn. Buckland's Untersuchung, unbestreitbar für Hyänen-Excremente zu halten sind.

Digitized by Google

Regis gefunden. Er enthält eine Menge Ringe, ähnlich den hornartigen Ringen, die man im Saugnapfe der Saepien findet; auch sieht man den Rand darauf gerollten Lamelle.

Fig. 3. Ein Julo-eido-coprus aus der Kreide von Sussex. Die wellenförmigen Linien und Runzeln auf der Oberfläche sind offenbar von den Eingeweiden entstanden, in welchen er gebildet wurde.

Fig. 4. Ein anderes Exemplar von diesen Körpern, dessen Durchschnitt in Fig. 5. abgebildet ist. An diesem sieht man das konische Gefüge der inneren Masse.

Fig. 6. Ein Coprolith, der in Burtin's *Oryctogr. de Bruxelles* als eine unbekannte Frucht abgebildet worden ist.

XII. *Noch Einiges überdie artesischen Brunnen.*

(Ein Nachtrag zu den früher mitgetheilten Nachrichten in diesen Annalen, Bd. XVI. (92) S. 592. und Bd. XVIII. (94.) S. 603.).

Woher die artesischen Brunnen ihr Wasser entnehmen, und wodurch dasselbe die Steigkraft erhalte, welche bisweilen mitten in einer von allen Anhöhen entblöfsten Ebene die überraschende Erscheinung des Hervorspringens aus dem Boden, und häufiger noch das minder in die Augen fallende, jedoch eben so merkwürdige Ansteigen über das Niveau benachbarter Flüsse veranlafst, diese Fragen sind, seit man das Brunnenbohren mit gröfserem Eifer betreibt, oft aufgeworfen, und sehr verschiedenartig beantwortet worden. Die natürlichste Erklärung, zu der sich auch die ausgezeichnetsten Physiker bekennen, ist unstreitig die: dafs das Wasser dieser Brunnen, gleich dem der natürlichen Quellen, ursprünglich aus der Atmosphäre stamme, und seine Steigkraft eine Wirkung sey des hydrostatischen Drucks höher ge-

gelegener Behälter, mit denen der angebohrte Kanal in Verbindung steht. Allein, nicht selten sind die örtlichen Verhältnisse von der Art, daſs es schwer hält, dem Wasser diesen Ursprung nachzuweisen, und daher bleibt den Gegnern dieser Ansicht meist immer noch übrig, ihre wunderlichen und abgeschmackten Hypothesen scheinbar aufrecht zu halten. Um so mehr Beachtung verdient eine ganz kürzlich gemachte Beobachtung, die einen sprechenden Beweis von der Richtigkeit der obigen Erklärung liefert.

In Tours, an der Loire, war der artesische Brunnen, der bisher, in einer $3\frac{1}{4}$ Zoll weiten Röhre, das Wasser aus einer Tiefe von 335 Fuſs bis zur Oberfläche gefördert hatte, schadhaft geworden, und man war daher gezwungen, am 30. Januar dieses Jahres, die Röhre, bis zu 12 Fuſs von der Oberfläche ab, auszuheben. Augenblicklich drang das Wasser in fast um ein Drittel vergröſserter Menge hervor, und floſs so mehrere Stunden lang aus. Es war nun nicht mehr klar wie zuvor, sondern führte eine groſse Menge feinen Sandes mit sich, und, wunderbar genug, auch viele Ueberreste von Pflanzen und Muscheln. Man erkannte darunter Dornzweige, von der Länge einiger Zolle und durch den Aufenthalt im Wasser ganz geschwärzt, ferner frische Stengel und Wurzeln von Sumpfpflanzen, Saamen von mehreren Pflanzen, besonders von einem in Sümpfen häufig wachsenden Labkraut (*caille-lait*), in einem Zustande von Erhaltung, der nicht annehmen lieſs, daſs sie länger als drei bis vier Monate im Wasser gelegen hatten, endlich auch Süſswasser-Muscheln (*Planorbis marginatus*) und Gehäuse von Landschnecken (*Helix rotundata* und *Helix striata*). Alle diese Ueberreste waren denen ähnlich, welche man nach Ueberschwemmungen an den Ufern kleiner Flüsse und Bäche findet.

Diese Thatsache ist so auſserordentlich, daſs man sie in Zweifel ziehen könnte, wäre sie nicht mit Sorgfalt

Digitized by Google

beobachtet worden. Es ergeben sich aus ihr die folgenden Schlüsse:

1) Das Wasser des artesischen Brunnens der Stadt *Tours* muſs nicht mehr als vier Monate zur Durchlaufung seiner unterirdischen Kanäle gebrauchen, weil die im Herbste reifen Saamen ohne Zersetzung an der Mündung des Brunnens angelangt sind.

2) Da das Wasser Muscheln und Holzstücke mit sich geführt hat, kann es nicht mittelst Filtration durch die Sandschichten an seinen Ort gelangt seyn, sondern muſs mehr oder weniger unregelmäſsige Kanäle durchflossen haben.

3) Der Ursprung des Wassers ist in einigen feuchten Thälern der Auvergne und des Vivarais zu suchen.

Die Ueberreste der Pflanzen und Muscheln sind in dem Mineralien-Kabinet der Stadt niedergelegt. Sobald bestimmt seyn wird, welchen Pflanzen die aufgefundenen Saamenarten, etwa fünf bis sechs an der Zahl, angehören, werden die Naturforscher in den höher als das Bassin der Loire gelegenen Gegenden vielleicht den Ausgangspunkt dieser unterirdischen Wässer ermitteln können.

Der vorstehende Bericht ist aus der Zeitung *Le Temps*, vom 2. April d. J., genommen; vielleicht daſs uns die wissenschaftlichen Zeitschriften Frankreichs in der Folge noch etwas Ausführlicheres und Bestimmteres hierüber mittheilen, besonders was die Annahme rechtfertige, daſs die in Tours erbohrten Kanäle sich bis zu der mehr als dreiſsig Meilen entlegenen Auvergne erstrecken. Darf man diesen Satz als erwiesen ansehen, so würde das beträchtliche Ansteigen der artesischen Wässer an andern Orten, wo man keine Anhöhen in der Nähe sieht, oder wo sie selbst auf den höchsten Punkten der Gegend erbohrt wurden, alles Räthselhafte verlieren.

Indeſs ist dieses Steigen immer merkwürdig genug, als daſs es überflüssig seyn könnte, hier noch einige Beispiele davon mitzutheilen, welche Hr. Héricart in seinen:

Digitized by Google

Considérations géologiques et physiques sur la cause du jaillissement des eaux des puits forés ou fontaines artificielles etc. (*Paris*, 1829) angeführt hat.

Ort des Brunnens.	Tiefe des Brunnens von der Oberfläche des Ortes an.	Höhe d. Ansteigens über das Seine-Niveau beim Pont de la Tournelle.
St. Ouen	150,8 p. Fuſs	6,2 p. Fuſs
Ebendaselbst	203,2 - -	11,1 - -
Epinay	166,2 - -	24,6 - -
Ebendaselbst	207,8 - -	33,8 - -
Maison blanche vor Paris	121,6 - -	64,6 - -
Mont-rouge bei Paris	215,5 - -	80,0 - -

Die beiden letzten Brunnen, gerade die, welche sich am meisten über das Seine-Niveau erheben, sind auf Anhöhen erbohrt, und ihr Wasser bleibt daher beträchtlich unter der Erdoberfläche stehen; auch liegt bei beiden das Tiefste des Bohrlochs noch über dem Spiegel der Seine, bei ersterem um 7 Meter, bei letzterem um 1 Meter.

Die im Seine-Hafen St. Ouen erbohrten Behälter liegen senkrecht unter einander, und führen ihr Wasser durch zwei concentrische Röhren, die längere in die kürzere gesteckt, zur Oberfläche. Beide entleeren sich in das Hafen-Bassin. Der tiefere Brunnen liefert, mit der gewöhnlichen Ausfluſsmündung versehen, eine Fontaine, die 5,8 par. Fuſs über die Oberfläche des Bodens hervorspringt; wird auf die Mündung eine Brause gesteckt, so bildet das Wasser eine schöne Garbe von 8,9 Fuſs Höhe, und setzt man endlich eine lange offene Röhre auf, so steigt das Wasser in derselben bis zu einer Höhe von 23,4 par. Fuſs über dem Boden.

In dem genannten Werke des Hrn. Héricart findet sich auch noch eine Thatsache erzählt, die, wenn gleich in anderer Weise als die anfangs genannte, dazu dienen kann, die Richtigkeit der vorhin gegebenen An-

Digitized by Google

sicht von der Entstehung artesischer Wässer zu bestätigen.

Schlünde, in die sich Flüsse und Bäche verlieren, sind im Jura und ähnlichen Kalkgebirgen sehr häufig, und da, wo die oberste Schicht aus einer thonigen Dammerde besteht, die sich dem Eindringen des Regens widersetzt, leisten sie durch Hinwegführung des überflüssigen Wassers dem Landbau zuweilen groſse Dienste. In einigen Gegenden, bemerkt Hr. Héricart, haben die Menschen sogar dieſs von der Natur gegebene Beispiel mit vielem Erfolge nachgeahmt. Ein Beispiel davon giebt die durch den König René veranstaltete Trockenlegung der Ebene von *Paluns* bei *Marseille*. Diese Ebene, die gegenwärtig mit den schönsten Weingärten bedeckt ist, war ehemals ein groſses sumpfiges Becken, ohne Abfluſs. Man hat sie mittelst groſser Senklöcher (dort *embugs*, sonst auch wohl *boit-tout*, *betoires*, *boistards* von den Landbewohnern genannt) entwässert, die bis auf das darunter liegende poröse Gestein abgeteuft, und mit einer Menge von Gräben in Verbindung gesetzt worden sind. Die Wässer, welche durch diese Schächte abgeleitet werden, gelangen durch unterirdische Kanäle nach dem Hafen *Mion*, bei *Cassis*, wo sie als springende Quellen wiederum hervortreten. Hier hat man demnach, freilich ohne es zu wollen, artesische Brunnen angelegt, nicht um Wasser zu bekommen, sondern um sich desselben zu entledigen.

Wie mannigfaltig übrigens der Nutzen artesischer Brunnen sey, davon liefert die folgende Nachricht einen sprechenden Beweis, welche Hr. Bruckmann, Königl. Würtemb. Baurath, in den *Verhandlungen zur Beförderung des Gewerbfleiſses in Preuſsen*, 1830, Lieferung No. 4., mitgetheilt hat.

Hr. B. lieſs unter seiner Leitung, vom August 1827 bis [illegible]cember 1829, in Heilbronn fünf Bohrlöcher auf [illegible]er abbohren, um zum Betriebe zweier Pa- [illegible]ner Bleichanstalt und einer Flachsspinnerei

Digitized by Google

die nöthige Menge reinen Wassers anzuschaffen. Zwei der Löcher muſsten bis auf 60 Fuſs, eins bis auf 90 F., eins bis auf 100 F. und eins bis auf 112 F. unter dem niedrigsten Spiegel des Neckars hinuntergetrieben werden. In allen steigt das Wasser nahe an 8 Fuſs über dem Neckarspiegel, und im Durchschnitt liefert jedes etwa 40 bis 50 Kubikfuſs. Der Zweck der Anlage wurde demnach vollkommen und bis zum Ueberflusse erreicht; allein es wurde auch noch die Entdeckung gemacht, daſs das Wasser aller Bohrlöcher beständig eine Temperatur von +10° R. besaſs. Dieſs führte Hrn. B. zu der wichtigen Anwendung, das Fabrikgebäude mit diesem Wasser zu heizen. Die Papiermühle enthält 72000 Kubikfuſs, ein darüber befindlicher Arbeitssaal 10800 Kubikfuſs. Beide Räume, welche also zusammen 82800 Kubikfuſs einnehmen, wurden den ganzen Winter 1829 bis 1830 hindurch alleinig mit diesem Wasser bis auf +6 oder 7° R. erwärmt, und selbst als drauſsen das Thermometer auf —25° R. stand, sank die Temperatur im Gebäude nur dann auf +4° herab, wenn die Thüren viel geöffnet wurden. Wie viele Mühe, Zeit und Kosten es verursacht, im strengen Winter die Wasserräder täglich nur nothdürftig abzueisen, und welche Lebensgefahr mit dieser Arbeit verbunden ist, muſs jedem Mühlwerkskundigen bekannt seyn. Hrn. B. war es vorbehalten, mittelst des erbohrten Wassers seine Wassermühlen auch von diesem lästigen Uebel zu befreien. Er leitete das von den Holländern ablaufende Wasser, das noch eine Temperatur von +9° besaſs, durch Röhren in die Wassergasse, und hatte dadurch die Genugthuung, daſs seine Wasserräder den ganzen Winter hindurch, selbst als die Kälte bis auf —25° R. stieg, niemals einfroren.

Endlich mag hier noch zur Berichtigung der früher *) durch mangelhafte Nachrichten veranlaſsten Aeuſserung, als haben die in Wien gemachten Bohrversuche

*) Bd. XVI. (92.) S. 600. dies. Annal.

Digitized by Google

zu keinem befriedigenden Resultate geführt, die Bemerkung stehen, daſs, nach einer neueren Mittheilung des Hrn. Barons v. Jacquin *), die Anlage von artesischen Brunnen in den letzten Decennien allerdings mit glücklichem Erfolg daselbst betrieben wird. Seit dem Jahre 1816, wo man scheint das Wasserbohren nach vervollkommten Methoden begonnen zu haben, bis zum Juni 1830, sind, nach der Aufzählung des Hrn. v. Jacquin, in und bei Wien 41 artesische Brunnen angelegt. Die Tiefe, in welcher die Quellen erbohrt wurden, geht von 48 bis 240 Fuſs, und die Wassermenge, welche sie innerhalb 24 Stunden liefern, schwankt, von der ärmsten bis zur reichsten, von 43 bis 1728 Eimern. Die Temperatur dieser Wässer ist auch hier bei den meisten höher als die des Bodens, und geht von 8°,7 bis 11°,2 R.; sie nimmt im Allgemeinen mit der Tiefe der Br.nnen zu; doch finden sich auch mehrere Anomalien, was nicht in Verwunderung setzen darf, wenn man erwägt, daſs, alle anderen Störungen abgerechnet, die Länge des Bohrlochs allein nicht allemal die Tiefe messen kann, aus welcher die Wässer hervorkommen. Alle diese Brunnen scheinen übrigens das Wasser nicht über die Oberfläche des Bodens hervorzutreiben.

In unvollkommener Weise ist übrigens das Brunnenbohren schon lange in Unter-Oestreich ausgeübt, wie daraus hervorgeht, daſs bereits Cassini davon spricht. Indeſs scheint man der Sache wenig Aufmerksamkeit geschenkt zu haben, da erst in neuerer Zeit ein Bäckermeister aus Flandern, der sich in Hetzendorf bei Wien häuslich niedergelassen hatte, die Kunst des Brunnenbohrens hier practisch kennen lehrte. Er und der verstorbene Zimmermeister Belghofer machten die ersten glücklichen Versuche, und letzterer, so wie später dessen Sohn Georg, haben die meisten artesischen Brunnen erbohrt, die seit 1816 in Wien entstanden sind.

…rift für Physik und Mathematik, Bd. VIII. S. 257.

Digitized by Google

In *Ruſsland* endlich soll, Zeitungsnachrichten zufolge, das Brunnenbohren ebenfalls seit langer Zeit bekannt, und aus *China* dahin eingeführt seyn, wo vermuthlich diese Kunst schon uralt ist *).

P.

XIII. *Ueber die Darstellung von metallischem Chrom.* *von Justus Liebig.*

Wenn man über die Verbindung von Dreifach-Chlorchrom mit Ammoniak, welche in einer Glasröhre glühend erhalten wird, trocknes Ammoniakgas leitet, so wird es vollständig zerlegt, und man erhält pulverförmiges metallisches Chrom von ganz schwarzer Farbe, welches unter dem Polirstahl metallischen Glanz annimmt, beim Glühen sich entzündet und zu einem braunen Pulver verglimmt.

Wenn man Ammoniakgas in Dreifach-Chlorchrom leitet, so geht die Verbindung zuweilen unter einer Feuererscheinung vor sich, das Gefäſs ist inwendig mit einem purpurrothen Feuer angefüllt, welches so lange anhält, bis das Chlorchrom gesättigt ist.

Auf eine noch einfachere Weise erhält man metallisches Chrom, wenn man Chromchlorür unter denselben Umständen mit Ammoniakgas reducirt; das Metall ist aber alsdann nicht schwarz, sondern chocoladenbraun.

Die Darstellung des Chromchlorürs ist so bekannt, daſs es überflüssig scheint, darüber noch etwas zu sagen, allein sie ist an und für sich ganz interessant.

Wenn man die neutrale Auflösung des Chromoxyds in Salzsäure abdampft, so erhält man bekanntlich eine grüne Masse, welche bei der Temperatur des siedenden

*) Man sehe dies. Ann. Bd. XVIII. (94.) S. 603.

Digitized by Google

Wassers und einige Grade darüber, sich durchaus nicht verändert und kein Wasser abgiebt; erst bei einer `emperatur von 200° bis 300° fängt sie an sich aufzublähen, und indem sie Wasser verliert, verwandelt sie sich in eine glänzende, pfirsichblüthrothe, krystallinische, schwammige Masse, die man für ein Sublimat hält, was sie aber nicht ist, denn diese Verbindung ist durchaus nicht flüchtig. Der Uebergang eines salzsauren Salzes in ein Chlormetall kann an keiner andern Verbindung so überzeugend nachgewiesen werden.

Bei der Calcination des Chlorürs an der Luft erhält man, wie man weiſs, grünes Oxyd; allein dieses ist von einer so ausgezeichnet schönen Farbe, daſs diese Methode, es darzustellen, für Porcellanfabriken vielleicht von Interesse werden kann. Wendet man die Methode von Frick an, so darf man die salzsaure Auflösung, anstatt sie zu fällen, nur abdampfen und das trockne Salz calciniren.

Leitet man über Chromchlorür in der Wärme Schwefelwasserstoffgas, so erhält man krystallinisches glänzend-schwarzes Schwefelchrom.

Das auf die oben erwähnte Art dargestellte metallische Chrom verglimmt an der Luft beim Glühen; allein es nimmt auch beim fortgesetzten Calciniren keine grüne Farbe an, was immer geschehen müſste, auch wenn das Metall noch Chlorchrom beigemischt enthielte. Ich habe nicht weiter untersucht, ob das Oxyd, was hier entsteht, von dem gewöhnlichen grünen in seiner Zusammensetzung verschieden ist *).

*) Schmilzt man Chromchlorür in passenden Verhältnissen mit Salmiak und kohlensaurem Natron, so bekommt man, nach Wöhler, kein metallisches Chrom, sondern Chromoxydul in krystallinischen Flitterchen, und auſserdem durchsichtige, schön grün gefärbte Krystalle von Kochsalz, vermuthlich verbunden mit Chromchlorür. *P.*

Digitized by Google

ANNALEN
DER PHYSIK UND CHEMIE.

JAHRGANG 1831, DRITTES STÜCK.

I. *Fragmentarische Bemerkungen über die Veränderungen des Erdmagnetismus, besonders seiner täglichen regelmäſsigen Variationen;*
von C. Hansteen.

Eine um ihren Schwerpunkt in allen Richtungen vollkommen bewegliche Magnetnadel würde immer genau die *Richtung* der Resultante der auf dieselbe wirkenden magnetischen Kräfte angeben; und beobachtete man eine gewisse Anzahl Oscillationen einer solchen Nadel um ihren unbeweglichen Schwerpunkt, so würde diese Schwingungszeit die Veränderungen in der *Gröſse der Kraft* angeben. Da es mit mechanischen Schwierigkeiten verbunden ist, der Nadel diese vollkommene Beweglichkeit in allen Richtungen zu ertheilen, so hat man sich, um die Veränderungen in der Gröſse und Richtung der magnetischen Kraft untersuchen zu können, genöthigt gesehen, zwei Nadeln anzuwenden, nämlich eine, welche nur in *horizontaler* Ebene beweglich ist, deren Lage und Schwingungen mithin die Veränderungen in der Richtung und Gröſse des horizontalen Theiles der magnetischen Kraft angiebt, und eine andere, welche nur in einer *verticalen* Ebene, im sogenannten magnetischen Meridian, beweglich ist. Letztere giebt die Veränderungen im Winkel

Digitized by Google

der Resultante mit dem Horizonte an, ist aber weniger fähig die Veränderungen in der Gröſse der Kraft zu messen, theils wegen der Reibung und anderer mechanischen Schwierigkeiten, theils weil man, wenn die Resultante ihr Azimuth während der Beobachtungen beträchtlich ändert (welches bei Nordlichtern oft der Fall ist), das Azimuth des Instrumentes nicht auch beträchtlich verändern kann. Wir sind also im Stande, die veränderte Richtung der magnetischen Kraft sowohl gegen den Meridian als gegen den Horizont, und die Veränderungen in der Gröſse der horizontalen Componenten zu messen, nicht aber mit Sicherheit augenblickliche Veränderungen in derjenigen der ganzen Kraft.

Die Veränderungen, welche die Richtung und Gröſse der magnetischen Resultante erleiden, können in drei Klassen eingetheilt werden: 1) Veränderungen von *längeren Perioden*, 2) *tägliche regelmäſsige*, und 3) *tägliche unregelmäſsige* Veränderungen. Wiewohl es hier bloſs meine Absicht ist, einige Bemerkungen in Betreff der täglichen regelmäſsigen Veränderungen vorzulegen, will ich doch im Vorbeigehen auch die andern kürzlich berühren.

I. Veränderungen von längeren Perioden.

A. Jährliche Veränderung der Abweichung.

Die *horizontale Nadel* dreht sich von Jahr zu Jahr an einigen Orten der Erdoberfläche um einige Minuten gen Westen, an andern gen Osten; an noch anderen dazwischen liegenden Orten bleibt sie ohne merkliche Bewegung. Diese Veränderungen sind im Allgemeinen in der Nähe der Pole gröſser als nahe am Aequator. Die folgende Tafel enthält eine Vergleichung älterer und neuerer Beobachtungen der Abweichung von *Christiania,* durch das ganze russische Reich bis *Kamtschatka* und zur *Westküste Nordamerika's*, wonach sich diese Veränderungen leicht übersehen lassen.

Digitized by Google

Tafel I. *a.*

Jährliche Veränderung der Abweichung der Magnetnadel in der nördlichen Atmosphäre.

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite	Länge. Ferro.
Christiania	Rick . . .	1780	+18° 42′		59° 54′	28° 24′
	Hansteen . .	1817	+20 3	+ 2′,2		
	Idem . . .	1830	+19 50	— 1,0		
Stockholm	Wilcke . .	1777	+13 56		59 20	35 44
	Svanberg . .	1811	+15 52	+ 3,4		
	Croustrand .	1817	+15 35			
	Hansteen . .	1828	+14 57			
	Idem . . .	1830	+14 54	— 3,0		
Petersburg	Wischnewsky	1806	+ 7 52		59 57	47 59
	Idem . . .	1811	+ 7 36,6			
	Idem . . .	1817	+ 7 15,6	— 3,3		
	Idem . . .	1818	+ 7 27,5			
	Hansteen . .	1828	+ 6 41,0	— 3,2		
Charkow	Inochodzow .	1783	+ 7 27		50 0	54 6
	Huth . . .	1811	+ 5 17	— 4,6		

Digitized by Google

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge. Ferro.
Moscwa		1732	+ 5° 26′		55° 44′	55 17′
	Sternberg . .	1790	+ 3 47			
	Goldbach . .	1805	+ 5 24			
	Hansteen . .	1828	+ 3 3			
Archangelsk		1800	+ 0 30		64 34	58 14
	Lütke . . .	1822	— 1 17			
	Idem . . .	1824	— 2 7	— 6′,5		
Nischni Nowgorod . . .	Olearius . .	1636	+ 9 0		56 20	61 40
	Erman . . .	1828	— 0 35,5	— 3,0		
Zarizin	Inochodzow .	1770	+ 4 52		48 42	62 13
	Hansteen . .	1830	+ 1 53,2	— 3,0		
Saratow	Lowitz . . .	1773	+ 3 28		51 31	63 44
	Hansteen . .	1830	+ 0 6,7	— 3,5		
Astrachan	Burrough . .	1580	+13 40		46 21	65 46
	Kolodkin . .	1813	+ 2 13,5	— 2,9		
	Hansteen . .	1830	+ 1 11,6	— 3,7		

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge. Ferro.
Casan	Chappe . .	1761	+ 2° 25′		55° 48′	66° 48′
	Schubert . .	1805	— 2 2 (?)			
	Erman . . .	1828	— 2 22	— 4′,3		
Matotschkin Str. Nov. Zemlia		1769	— 3 30		73 19	72 0
	Lütke . . .	1824	—10 34	— 7,7		
Orenburg	Krafft . . .	1769	+ 3 25		51 45	72 46
	Hansteen . .	1830	— 3 22	— 6,7		
Perm	Schubert . .	1805	— 1 10 (?)		58 1	74 6
	Hansteen . .	1828	— 6 3,8			
Orsk	Euler . . .	1769	+ 0 15		51 12	76 12
	Abweich. Karte	1829	— 4 36	— 4,8		
Jekaterinenburg	Chappe . .	1761	— 0 50		56 50	77 24
	Schubert . .	1805	— 5 27			
	Hansteen . .	1828	— 6 26,8	— 5,0		
Tobolsk	Strahlenborg .	1720	0 0		58 12	85 46
	Chappe . .	1761	— 3 46	— 5.5		
	Schubert . .	1805	— 7 9	— 4,6		
	Hansteen . .	1828	— 9 57,3	— 7,8		

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge. Ferro.
Tara	Chappe . .	1761	— 3° 46′		56° 55′	91 45′
	Schubert . .	1805	— 6 6	— 3′,2		
	Erman . . .	1829	— 9 38	— 8,8		
Barnaul.	Islenieff . .	1770	— 2 45		53 20	101 37
	Hansteen . .	1829	— 7 25,2	— 8,1		
Tomsk : . : . : . : .	Schubert . .	1805	— 5 37		56 30	102 50
	Hansteen . .	1828	— 8 32,1	— 7,6		
Krasnojarsk	Gmelin . .	1735	+ 1 34		56 1	110 30
	Hansteen . .	1829	— 6 43,2	— 5,3		
Nischni-Udinsk	Gmelin . .	1735	+ 3 15		54 55	116 42
	Schubert . .	1805	— 2 40,8	— 5,1		
	Hansteen . .	1829	— 4 38,2	— 5,1		
Irkutzk	Messerschmid	1723	+ 6 0		52 17	121 51
	Gmelin . .	1735	+ 1 18			
	Schubert . .	1805	— 0 32	— 1,6		
	Wrangel . .	1820	— 2 30			
	Hansteen . .	1829	— 1 37	— 2,7		

Digitized by Google

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge. Ferro.
Troitzko-Savsk bei *Kiachta*	Gmelin . .	1735	+ 1° 5′		50° 21′	124° 12′
	Hansteen . .	1829	+ 0 4,6	— 1′,9		
Selenginsk	Gmelin . .	1735	+ 1 5		51 6	124 18
	Hansteen . .	1829	— 0 16	— 0,9		
Nertschinsk	Messerschmid	1724	+ 0 13		51 56	134 12
	Gmelin . .	1735	+ 3 0			
Jakutzk	Islenieff . .	1768	+ 5 15		62 2	147 24
	Idem . . .	1769	+ 5 0			
	Belling . . .	1788	+ 2 0			
	Wrangel . .	1820	+ 5 5			
	Erman . . .	1829	+ 5 55	+ 5,5		
Ochotzk	Sarytschef .	1784	— 0 40		59 20	160 52
	Erman . . .	1829	+ 2 15,7	+ 3,9		
Petropaulowsk	Cook . . .	1779	— 6 19		52 28	176 28
	Krusenstern .	1805	— 5 20	+ 2,3		
	Erman . . .	1829	— 4 15	+ 2,7		

Digitized by Google

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge. Ferro.
Unalaschka	Cook . . .	1778	—20° 25′		53° 54′	211° 10′
	Lütke . . .	1827	—19 54	+ 0′,6		
Cooks-Fluſs	Cook . . .	1778	—29 25		61 11	227 0
	Vancouver .	1794	—29 48	— 0,8		
Pr. Wilhelms Sund . .	Cook . . .	1778	—27 15		60 12	230 30
	Vancouver .	1794	—28 30	— 4,7		

Digitized by Google

Was die magnetischen Beobachtungen im russischen Reiche betrifft, so muſs ich die allgemeine Bemerkung machen, daſs, da man in der letzten Zeit angefangen hat, in den gröſseren Städten die Dächer mit eisernen Platten zu decken, die gröſste Vorsicht in der Wahl des Beobachtungsortes nothwendig ist. Meines Vermuthens ist Schubert in diesem Stücke nicht aufmerksam genug gewesen, und es lassen sich daraus die ohne Zweifel falschen Bestimmungen in *Kasan* und *Perm* erklären.

Vor Anfange des jetzigen Jahrhunderts war die westliche Abweichung in *Christiania* und *Stockholm*, wie allenthalben in Europa, im Zunehmen; bald nach Anfange dieses Jahrhunderts blieb sie erst einige Zeit unveränderlich, und hierauf fing sie an abzunehmen. Wirft man einen Blick auf vorstehende Tafel, so sieht man, daſs in *Christiania* die jährliche Abnahme ungefähr =1′ beträgt. Weiter ostwärts, wie in *Stockholm*, *Petersburg* u. s. w., zwischen dem 50sten und 60sten Breitengrade, ist sie ungefähr =3′ jährlich, bis man den Meridian 60° östlich von *Ferro* erreicht. Von diesem Meridiane an fängt die Abnahme der westlichen oder die Zunahme der östlichen Abweichung an zu wachsen bis zum Meridian 92° bei *Tara*, wo sie ihr Maximum von 9′ erreicht zu haben scheint; weiter ostwärts wird sie wieder geringer und scheint etwas östlich von *Selenginsk* zu verschwinden. Von diesem Punkte nimmt wieder die westliche Abweichung zu, oder die östliche ab, bis gegen den Meridian von *Jakutzk*, wo die Veränderung ungefähr ihr Maximum von 5′ jährlich erreicht. Weiter ostwärts nimmt die jährliche Veränderung wieder ab, bis zur Insel *Unalaschka*, wo sie verschwindet. An der Nordwestküste Amerika's, z. B. in *Sitka*, scheint die östliche Abweichung wieder etwas zuzunehmen. Nördlich vom 60sten Breitengrade, z. B. in *Archangelsk* und *Nova Zemlia*, sind die Veränderungen gröſser, südwärts von 50°, z. B. in *Astrachan* geringer.

Digitized by Google

Auf meiner Karte der Abweichung für das Jahr 1700 (in meinen *Atlas zum Magnetismus der Erde*) habe ich ein Paar Linien gezogen, in welchen sich die Abweichung vom Jahre 1700 bis 1756 nicht verändert hat. Die eine dieser Linien geht von *Petersburg* durch das *schwarze Meer*, den *arabischen Meerbusen* und *Madagaskar* bis 40° S. Br., dreht sich hierauf gen Osten und geht neben der Westküste *Neuhollands* vorbei, nordwärts nach *Malacca* und *China*. Man sieht aus dem Obigen, daſs sich der östliche Zweig dieser Linie weiter nordwärts bis zum *Baikalsee* verlängern läſst; und daſs sich ihr westlicher Zweig, der um die Mitte des verflossenen Jahrhunderts durch *Petersburg* *) nach der Ostküste *Spitzbergens* ging, jetzt weiter gen Westen verrückt hat, so daſs er jetzt ungefähr durch *Paris* und dicht an der Westküste Norwegens vorbei geht. Auf dem ganzen Stücke der Erdoberfläche, welche von dieser Linie eingeschlossen ist, also zwischen der *Ostsee* und dem *Baikal* oder im gröſsten Theile Asiens und des indischen Meeres, hat sich der Nordpol der Magnetnadel in mehr als hundert Jahren gen *Osten* bewegt; auſserhalb dieser Linie hingegen gen *Westen*. In obiger Tafel ist die *östliche* Bewegung mit —, die *westliche* mit + bezeichnet.

Die beifolgende Abweichungskarte von Europa und und dem nördlichen Asien (Taf. V.) ist eine zur Hälfte verkleinerte Copie einer gröſseren Karte, welche den Bericht von meiner sibirischen Reise begleiten wird. Sie gründet sich auf ungefähr 150 Abweichungsbeobachtungen von mir und Lieut. Due in den Jahren 1828 bis

*) In *Petersburg* wurde die Abweichung von 1726 bis 1772 von verschiedenen Beobachtern immer zwischen 3 und 4 Graden westlich gefunden. Von 1772 bis 1792 scheint sie (wiewohl sehr unregelmäſsig) bis 9° 12′ zugenommen zu haben; ja M. Henry fand sie gar 1805=11°. Da sie aber Wischnewsky, 1806, =7° 52′ fand, muſs hier ein Fehler obwalten. Vielleicht können die angeführten eisernen Dächer die Anomalie erklären. Siehe meinen Magn. der Erde. Anhang, S. 7.

1830 von *Christiania* bis *Irkutzk*, *Jakutzk*, *Wiluisk* und *Turuchansk*, auf Dr. Erman's Beobachtungen von *Tobolsk* bis *Obdorsk* und von *Irkutzk* bis *Kamtschatka*, auf Wrangel's und Anjou's Beobachtungen 1820 bis 1823 im nordöstlichen Sibirien und längs den Küsten des *Eismeers*, auf Lütke's Beobachtungen 1821 bis 1824 zwischen *Wardöhuus*, *Archangel* und *Novaja Zemlia*, und desselben Beobachtungen vom Petropaulshafen bis zur Behringsstraſse 1827 bis 1829, Parry's bei *Spitzbergen* 1827, nebst mehreren andern neueren Beobachtungen, deren Aufzählung hier zu weitläufig seyn würde. Der kleine Maaſsstab erlaubte weder alle Beobachtungsorte noch die Beobachtungen selbst anzuführen, weshalb ich bitten muſs, das Urtheil über ihre Zuverlässigkeit bis zur Bekanntmachung der Beobachtungen zu verschieben. Aus dieser Karte ersieht man, daſs eine *Linie ohne Abweichung* von Norden gen Süden durch das russische Lappland zwischen *Umba* und *Ponoi*, etwas westlich von *Archangelsk*, durch *Presa* und *Saratow* bis zum nordöstlichen Theile des kaspischen Meeres zwischen *Astrachan* und *Gurief* geht. Eine *andere Linie ohne Abweichung* geht von Süden gen Norden von *Troizko-Savsk* (bei Kiachta) durch die Ostküste des Baikals, etwas westlich von *Wiluisk* bis 68° Br., wo sie sich gen Osten dreht und gen Süden durch das ochotzkische Meer hinabsteigt, und sonach den Theil von Sibirien zwischen dem Baikal und dem Südmeer, nebst den Inseln Sachalin, Nipon, der Halbinsel Korea und dem östlichen Theile China's einschlieſst. Diese Linie scheint jetzt eine in sich selbst zurücklaufende krumme Linie zu seyn, welche ein kleines System von *westlichen Abweichungen* einschlieſst, deren Maximum nicht 5° zu übersteigen scheint. Zwischen diesem sibirischen und dem europäischen westlichen Systeme liegt ein *östliches*, dessen Maximum im Meridiane 92° östl. von Ferro statt findet. Dieses System erstreckt sich gen Norden bis zum Erdpole, und tritt in

Digitized by Google

Verbindung mit dem östlichen Systeme im Südmeere. Ich habe zugleich die Linie ohne Abweichung für das Jahr 1769 gezogen; diese Linie ging *damals* etwas östlich von *Wardöhuus* zwischen *Umba* und *Ponoi* im russischen Lapplande etwas östlich von *Archangel*, *Kasan* und der Festung *Orsk* (siehe Tafel I. *a.*), wandte sich darauf gen Osten, und ging gen Nordosten zwischen *Krasnojarsk* und *N. Udinsk*, wovon man sich durch Einschaltung der Beobachtungen Gmelin's und der neueren in Tafel I. überzeugen kann. Zu Chappe's Zeit, 1761, ist diese Linie nahe bei *Ekatherinenburg*, und zu Strahlenberg's, 1720, sogar durch *Tobolsk* gegangen. Das von dieser Linie eingeschlossene östliche System hat sich also im verflossenen Jahrhunderte nach allen Seiten erweitert, sich aber besonders gen Süden und Osten vorwärts geschoben, und dadurch das westliche System im östlichen Sibirien weiter gen Osten gedrängt *).

Betrachtet man die Abweichungskarte No. 1. für das Jahr 1600 in meinem *Magnetismus der Erde*, so sieht man, daſs sich damals ein kleines System östlicher Abweichung, dessen Maximum ungefähr 9° war, über ganz Europa und den östlichen Theil des nördlichen atlantischen Meeres erstreckte, und daſs die Abweichung in ganz Asien westlich war. Im folgenden 17ten Jahrhunderte drang das westliche Abweichungssystem von der Hudsonsbay schnell in das atlantische Meer hinein, und drängte das vorhin erwähnte östliche System aus Europa gen Nordosten in Asien hinein, wo es sich nachgerade über den Pol in Verbindung mit dem östlichen Systeme im Südmeere setzte, und sich bis auf unsere Zeit immer mehr und mehr entwickelt hat. Von dem westlichen Systeme, welches im Jahre 1600 über ganz Asien herrschte,

*) Ich glaube, Obiges ist hinreichend zur Berichtigung der Aeuſserungen des Hrn. v. Humboldt, *Ann. d. phys. T. XV. p.* 328. Nur die *Nordpole* der Magnetaxen bewegen sich gen Osten, die *Südpole* dagegen gen Westen.

Digitized by Google

ist jetzt nur das kleine Ueberbleibsel zwischen dem Baikal und Kamtschatka vorhanden. Auch dieses bewegt sich gen *Osten;* denn zu Gmelin's Zeiten, 1735, lag seine westliche Grenze zwischen *Tomsk* und *Krasnojarsk;* und 1784 hatte seine östliche Grenze, nach Sarytschew's Beobachtungen, noch nicht die Küsten des Südmeeres bei *Ochotzk* erreicht. Südlicher an der Ostküste Korea's war es zu derselben Zeit schon in den Ocean hinausgetreten; denn La Peyrouse fand vom 9. bis 15. Juni 1787 immer die Abweichung *westlich* zwischen den Breiten 40° 4′ und 42° 49′ N., und den Längen 151° 19′ und 152° 6′ östl. Ferro (siehe meinen Magnet. der Erde. Anhang, S. 107.). Noch weiter war dieses westliche System in das Südmeer getreten zu Broughton's Zeit, 1797, und zu Krusenstern's Zeit, 1805; denn die Beobachtungen dieser beiden Seefahrer zeigen, daſs es damals die Inseln Sachalin, Jesso und Niphon einschloſs (siehe Magnet d. Erde, S. 36., und Anhang, S. 125. und 128.). In Gemäſsheit dieser zahlreichen und zuverlässigen Beobachtungen habe ich die Grenzen dieses westlichen Systems auf meinen Abweichungskarten für 1770, 1787 und 1800 angegeben. Mir däucht es ganz wahrscheinlich, daſs dieses kleine System allmälig, je nachdem es sich im Verlaufe des gegenwärtigen Jahrhunderts gen Osten in das Südmeeer hinausbewegt, vermindern und endlich ganz verschwinden, d. h. in ein *Minimum östlicher Abweichung* übergehen wird, völlig ebenmäſsig mit demjenigen, welches am entgegengesetzten Pole derselben schwächeren Magnetaxe, in ungefähr 130° westl. Länge von *Greenwich,* gefunden wird (siehe meine Abweichungskarten für 1770, 1787 und 1800).

Obgleich sonach dieses westliche System in Sibirien seit hundert Jahren bekannt gewesen und durch die zuverlässigsten Beobachtungen begründet ist, hat man doch von Zeit zu Zeit dessen Daseyn geleugnet. Islenieff fand die Abweichung in *Jakutzk* $\frac{3}{14}$ Oct. 1768 = 5° 15′

Digitized by Google

westlich, und $\frac{11}{22}$ Juni 1769 $=5^{\circ}\,0'$ westlich. Von diesen Beobachtungen sagt W. L. Krafft in seiner *Expositio declinationis magneticae in variis imperii russici regionibus observatae* (*Nov. Comm. Petrop. T. XVIII. H. p.* 52. *M. p.* 695.): »*in observatione Jakutiensi errorem calami irrepsisse puto, eamque orientalem esse suspicor; id quod lineas magneticas earumque ductus intuenti statim patebit.*« Durch diese Aeuſserung hat er Lambert (Berliner astr. Jahrbuch 1779) und Le Monnier (*Loix de Magnetisme*) verführt, dem Abweichungssysteme im östlichen Sibirien ein ganz falsches und unförmliches Aussehen zu geben. Billings fand die Abweichung allda im Jahre 1788 $=2^{\circ}$ *westlich.* Hr. Professor Kupffer hat (Annalen der Physik, Bd. X. (86.) S. 545. und Bd. XVI. (92.) S. 149.) diese ebenfalls in Zweifel gezogen, ob ich gleich in meinem Magnetismus der Erde, S. 36., wo von diesem Systeme die Rede ist, gezeigt habe, daſs dieses westliche System nicht auf dieser einzelnen Beobachtung in *Jakutzk,* sondern auf Gmelin's älteren und La Peyrouse's, Broughton's und Krusenstern's neueren Beobachtungen beruht. Messerschmid fand nämlich 1723 und Gmelin 1735 die Abweichung westlich gerade von *Krasnojarsk* bis *Nertschinskoi Savod*, also in einer Strecke von 25 Längengraden (Magn. d. Erde, Anhang I. Tafel); Wrangel fand sie im August 1820 in *Jakutzk* $=5^{\circ}\,5'$ *westlich,* und weiter nördlich immer *westlich,* aber abnehmend bis zur Breite $67^{\circ}\,\frac{1}{2}$. Man hatte sonach, selbst vor meiner Reise nach Sibirien, keinen Grund, das Daseyn dieses westlichen Systems zu leugnen; und diese Behauptung stützte sich einzig auf die unendlich unwahrscheinliche Hypothese, daſs alle diese wohl übereinstimmenden Beobachtungen verschiedener Personen in einem ganzen Jahrhundert in diesem Erdstriche mit einem und demselben Schreibfehler behaftet seyen. Auch stimmt es völlig mit der Theorie von zwei Magnetaxen überein, daſs die Abweichung an den nördlichen Küsten Sibiriens *nördlich*

Digitized by Google

vom schwächeren Magnetpole *), wegen der überwiegenden Wirkung des stärkeren Poles, in Amerika *östlich*, und *südlich vom Pole* im südlichen Sibirien *westlich* seyn müsse; wovon sich Jeder durch Nachrechnen der im Magn. d. Erde, 6. Haupst. entwickelten Formeln leicht überzeugen kann.

Endlich sey es mir erlaubt, hier eine kurze Bemerkung über die Aeuſserung, Annal. Bd. XVI. S. 150. und Bd. XVII. S. 592.: »daſs das Daseyn eines sibirischen Magnetpols unerwiesen sey,« vorzutragen. In meinem Magn. d. Erde, S. 78., habe ich die Meinung entwickelt, gegen welche man meines Vermuthens keine Einwendung erheben kann, daſs jede der drei Erscheinungen, Abweichung, Neigung und Intensität, uns zur Annahme der Nähe *eines Magnetpoles* führen könne. Eine starke Convergenz der Richtungen der *horizontalen Magnetnadel* an nahegelegenen Orten, eine *Zunahme* der *Neigung* in einer und derselben geographischen Parallele, ein starker *Anwachs* der *Intensität* zeigen jede für sich die Nähe eines Magnetpoles. Nun vereinigen sich alle diese drei Erscheinungen gerade in denselben vier Punkten, nämlich in Nordamerika, Sibirien, unterhalb Neuhollands, und im Südwesten des Feuerlandes. Meine Neigungskarte für 1780 zeigt, daſs alle Neigungslinien in der nördlichen Kugel gegen den Aequator zuerst in Amerika, hierauf in Sibirien hinabsteigen, was noch deutlicher aus den neuern Beobachtungen erhellt; in der südlichen Kugel nähern sie sich auch dem Aequator zuerst unterhalb Neuhollands,

*) Man erinnere sich, daſs die im 7. Hauptstücke des Magn. der Erde, S. 370., vorläufig berichtigten Elemente diesem Pole eine Entfernung vom Erdpole $=28\frac{1}{2}$ Graden geben, und verwechsele nicht die Magnetpole mit den von mir sogenannten Convergenzpunkten, was ein allgemeiner Irrthum Derer zu seyn scheint, welche nur oberflächlich die Theorie kennen, ohne in ihren mathematischen Zusammenhang eingedrungen zu seyn. Als Hr. Prof. Kupffer mehrere Einwendungen gegen meine Theorie (diese Annal. Bd. X. S. 545.) aufstellte, hatte er mein obengenanntes Werk noch nicht gesehen; sonst hätte er die Behauptungen, S. 551. bis 558. selbst leicht widerlegen können.

hierauf im Südmeere gleich westlich von Amerika. Aus den wenigen Intensitätsbeobachtungen, welche man vor meiner Reise hatte, ergab es sich ebenfalls, daſs die Annahme Einer Magnetaxe nicht zur Erklärung der Erscheinungen genüge. Hätte die Erde nur Eine Magnetaxe, dann müſsten die Neigungslinien und die isodynamischen Linien einander ungefähr parallel seyn; dieſs ist jedoch so wenig der Fall, daſs erstere an einigen Stellen des atlantischen Meeres letztere unter rechten Winkeln schneiden. Capitain King's Beobachtungen längs den Küsten Südamerika's bis Cap Horn zeigten eine Zunahme der Intensität bis etwas über 1,5 von Humboldt's Einheit, welche in der Folge durch Capitain Lütke's benahe gleichzeitige Beobachtungen völlig bestätigt worden ist. Meine eigenen Beobachtungen auf der Reise nach *Torneå* und durch Finnland, verglichen mit Capitain Sabine's, zeigten, daſs die isodynamischen Linien, welche von Nordamerika gen Norden in das atlantische Meer steigen, bei Norwegen und Spitzbergen eine östliche Richtung annehmen, und spüren lieſsen, daſs sie sich in Sibirien wieder dem Aequator nähern würden, was sich völlig bestätigt hat. Wollte man nun das Daseyn des sibirischen Nordpols leugnen, so müſste man auch den entsprechenden Pol bei Südamerika vernichten. Und da das Daseyn der beiden übrigen Pole in Nordamerika und unterhalb Neuhollands bloſs aus denselben Erscheinungen geschlossen ist, so müſste man, um folgerecht zu seyn, auch diese leugnen; denn letztere unterscheiden sich nur durch eine etwas stärkere Intensität. Der Zweck meiner Reise nach Sibirien war daher nicht, einen *neuen Beweis* des Daseyns des dortigen Poles zu suchen, sondern vollständigere *Materialien zur Berichtigung der Elemente.*

Auf der Westseite Europa's durch das atlantische Meer und Nordamerika haben wir weniger Beobachtungen; doch werden die in folgender Tafel angeführten die Gröſse und Richtung der Veränderungen genugsam aufhellen.

T a-

T a f e l I. *b.*

Jährliche Veränderung der Abweichung der Magnetnadel in der nördlichen Hemisphäre, Fortsetzung.

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge. Ferro.
Bären-Insel	W. Barentz .	1596	+13° 0′		74° 10′	33° 40′ O.
	J. Poole . .	1610	+13 30	+ 2′,0		
	Abweich. Karte	1810	+15 0 *	+ 0,5		
Spitzbergen	J. Poole . .	1610	+22 30		78 27	
Croſs-Bay . .	Idem . . .	1610	+18 25		79 15	
Magdalenensund	Fotherbye .	1614	+25 0		79 30	
Vogelsang . .	Phipps . . .	1778	+20 38		79 53	30 40 O.
	Franklin . .	1818	+23 41		79 50	29 25
	Sabine . . .	1823	+25 12	0,0	79 50	29 20
Cap Christian Grönland	G. Hall . .	1605	+12 15		62 38	33 36 W.
	Abweich. Karte	1810	+54 0 *	+11,9		
Buttons-Insel	Baffin . . .	1615	+24 0		60 40	49 58
	Middleton .	1730	+39 0	+ 7,8		
	Abweich. Karte	1810	+45 0 *	+ 4,2		

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge. Ferro.
Quebeck	S. Bressan .	1649	+16° 0′		46° 55′	52° 12′ W.
	Des Hayes .	1686	+15 30	— 0′,8		
	Abweich. Karte	1810	+11 0 *	— 2,2		
Boston	- -	1708	+ 9 0		42 25	52 57
		1741	+ 7 30	— 2,7		
	Abweich. Karte	1810	+ 5 22 *	— 2,1		
New Cambridge . . .	Brattle . . .	1708	+ 9 0		42 23	53 2
	D. Winthorp	1742	+ 8 0	— 1,8		
	Idem . . .	1757	+ 7 20			
	Williams . .	1761	+ 7 14	— 2,4		
	Winthorp .	1763	+ 7 0			
	Williams . .	1780	+ 7 2			
	Idem . . .	1782	+ 6 45			
	Idem . . .	1783	+ 6 52	— 1,0		
New York	Ph. Wells .	1686	+ 8 45		40 43	56 29
	Burnet . .	1783	7 20	— 2,3		
		1750	6 22	— 2,2		
		1780	4 20	— 4,1		

Digitized by Google

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge. Ferro.
Albany Fort, Huds. Bay		1668	+19° 15′		52° 22′	64° 58′ W.
	Middleton .	1730	+23 0	+ 3′,6		
		1774	+17 0	— 8,2		
	Abweich. Karte	1810	+ 8 0 *	—15,0		
Repulse-Bay	Middleton .	1742	+50 0		66 31	68 50
	Parry . . .	1821	+48 33	— 1,1		
Fort Prince of Wales	Middleton .	1725	+21 0		58 48	77 13
	Idem . . .	1738	+18 0	—13,9		
	Idem . . .	1742	+17 0	—15,0		
	Wales . . .	1769	+ 9 41	—16,3		
		1798	— 1 0	—22,0		
		1807	— 5 39			
		1813	— 6 0	—20,0		
L. Francisco, N. Californien	Vancouver .	1792	—12 48		37 48	104 28
	Erman . . .	1829	—15 6,5	— 3,7		

Aus dieser Tafel sieht man, daſs an der nördlichsten Küste Spitzbergens die Abweichung in mehr als 200 Jahren fast ganz unverändert geblieben ist; weiter gen Osten hat sich der Nordpol der Nadel gen Westen gedreht, und diese westliche Bewegung hat ihr Maximum von etwa 12' des Jahres in der Davisstraſse erreicht, ist aber etwas nördlich von *Quebec* wieder verschwunden. In der Repulse-Bay hat die westliche Abweichung von Middleton's bis auf unsere Zeit, in 79 Jahren, nur 1½ Grad zugenommen. Auf meiner Karte der Abweichung für das Jahr 1700 findet man eine andere Linie gezogen, worin sich die Abweichung von 1700 bis 1770 nicht verändert hat; diese geht von den Falklands-Inseln östlich vom Feuerlande gen Norden durch Südamerika bis Newfoundland, und muſs also von hier etwas nördlich von *Quebec* gen Nordosten durch die Hudsonsbay bis zur Repulse-Bay oder Melvilles-Halbinsel fortgesetzt werden. Oestlich von dieser Linie, also im ganzen atlantischen Meere, Afrika, Europa, Baffinsbay und Grönland hat sich der Nordpol der Nadel in 200 Jahren gen Westen bewegt. Westlich von dieser Linie, also im westlichen Theile von Süd- und dem gröſsten Theile von Nordamerika wie im östlichen Theile des stillen Meeres hat sich der Nordpol der Nadel gen Osten bewegt. Am gröſsten ist diese östliche Bewegung der Nadel an der Westküste der Hudsonsbay im Forte *Prince of Wales*, wo sie im letzten Viertel des verflossenen Jahrhunderts über ⅓ Grad des Jahres betrug. Wahrscheinlich dreht sich diese Linie, in welcher die Abweichung unveränderlich ist, von der Repulse-Bay gen Osten, und steigt darauf gen Süden durch die Insel Unalaschka in das stille Meer hinab. Zwischen diesem hinabsteigenden Zweige der Linie und der oben erwähnten Linie von Malacca bis zum Baikal dreht sich der Nordpol der Nadel etwas gen Westen. Bei Verfolgung eines Parallelkreises rings um die Erde treffen wir also vier Male auf einen Punkt, wo die jährliche Verände-

Digitized by Google

rung der Nadel verschwindet, einen in Amerika, einen andern an der Ostküste Afrika's und im europäischen Ruſsland, einen dritten zwischen Malacca und dem Baikal, und einen vierten im Südmeere zwischen Unalaschka und der Ostküste Neuhollands.

Die untenstehende Tafel II. enthält die jährlichen Veränderungen der Abweichung zwischen den Tropen. Die Orte sind nach ihrer geographischen Länge geordnet.

Digitized by Google

Tafel II.

Jährliche Veränderung der Abweichung in der Nähe des Aequators.

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge. Ferro.
Acapulco	Anson . . .	1744	— 3° 0′		+16° 51′	277° 50′
	Malaspina .	1791	— 7 44	— 6′,0		
	B. Hall . .	1821	— 8 46	— 2,1		
Vera Cruz	Chappe . .	1769	— 6 28		+19 12	281 31
	Ulloa . . .	1776	— 7 30			
	Mahony . .	1815	—10 37			
	Wise . . .	1819	— 9 16	— 3,3		
Panama	Ulloa . . .	1735	— 7 49		+ 8 58	298 18
	Malaspina .	1791	— 7 49	— 0,0		
	Spanische Karte	1802	— 8 0			
	B. Hall . .	1821	— 7 0	+ 1,6		298 55
Quito	Bouguer . .	1742	— 8 30		— 0 14	
	Humboldt . .	1802	— 9 24	— 0,9		

Digitized by Google

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge.
Lima	Feuillée . .	1709	— 6° 15′		—12° 3′	300° 32′
	Ulloa . . .	1740	— 9 2,5	— 5′,4		
	Spanische Karte	1802	— 9 50	— 0,8		
Carthagena	Feuillée . .	1705	— 7 12		—10 26	302 10
	Mathews . .	1726	— 6 50			
	Ulloa . . .	1735	— 8 0	— 1,6		
	Vashon . .	1787	—11 0			
	Humboldt . .	1801	— 7 2			
	Quinton . .	1813	— 6 32	+ 0.9		
S. Martha	Feuillée . .	1704	— 7 6		+11 20	303 31
	Bouguer . .	1743	— 6 35	+ 0,8		
Antigoa Insel	Mathews . .	1727	— 4 28		+17 4	315 45
	Roſs . . .	1761	— 4 10	+ 0,5		
	Abweich. Karte	1810	— 2 30 *	+ 2,0		
Barbados	Mathews . .	1726	— 4 24		+13 5	318 3
	Roſs . . .	1761	— 4 8	+ 0,5		
		1787	— 3 0			
		1808	— 2 53	+ 1,6		

Digitized by Google

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge.
Rio Janeiro	Cook . . .	1768	— 7° 34′		—22° 54′	334° 24′
	Hunter . . .	1787	— 6 12	+ 4′,3		
	Rümker . .	1821	— 3 21,2	+ 5,0		
	King . . .	1826	— 2 37			
Cap Frio	Halley . . .	1670	—12 10		—22 57	336 8
	Cook . . .	1768	— 6 40	+ 3,4		
Fernando Naronha . .	Davis . . .	1610	— 8 10		— 3 56	345 24
	Ulloa . . .	1745	— 2 10	+ 2,5		
	Abweich. Karte	1810	+ 5 0 *	+ 3,4		
Ascension	Halley . . .	1678	— 1 0		— 7 56	3 19
	La Caille . .	1754	+ 8 6	+ 7,2		
	Wallis . . .	1768	+ 9 53	+ 7,6		
	Cook . . .	1775	+10 52	+ 8,4		
	Bönsöe . .	1806	+15 40	+ 9,3		
	Brine . . .	1816	+15 30			
	Duperrey . .	1825	+16 52,3	+ 3,8		

Digitized by Google

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge
Helena		1600	— 8° 0′		—15° 55′	11° 52′
	Kolthurst . .	1604	— 7 45			
	J. Davis . .	1610	— 7 13			
		1623	— 6 0	+ 5′,2		
	Halley . . .	1677	— 0 40	+ 5,9		
		1691	+ 1 0	+ 7,1		
	Mathews . .	1724	+ 7 30	+11,8		
	Nicholson . . .	1764	+11 38			
	Wallis . . .	1768	+12 47	+ 7,2		
	Cook . . .	1775	+12 18			
	Lodberg . .	1785	+14 18			
	Hunter . . .	1789	+15 30			
	Smith . . .	1793	+15 28			
	Macdonald .	1796	+15 48,5	+ 6,5		
	Krusenstern .	1806	+17 18	+ 9,0		
Jameston	Roſs . . .	1815	+17 30			
	Meynell . .	1816	+17 30			
	Duperrey . .	1824	+19 34,5	+ 7,6		
Abdal Curia Insel . .	Saris	1612	+17 23		+12 30	69 13
	Mathews . . .	1723	+12 43	— 2,5		

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge.
Cap Guardafui . . .	Middleton .	1610	+17° 35′		+11° 45′	70° 12′
	Saris . . .	1612	+17 34			
	Mathews . .	1723	+11 52,5	— 3′,1		
Socotra	Middleton .	1611	+16 0		+12 47	73 40
	Saris . . .	1612	+17 22			
		1674	+17 0	— 0,3		
	Mathews . .	1723	+11 50	— 6,3		
	Panton . .	1776	+ 8 6	— 4,2		
Goa	P. Alenisius .	1609	+16 0		+15 31	91 25
	Noël . . .	1706	+ 6 40	— 5,8		
	Mathews . .	1723	+ 5 13,5	— 5,1		
Cap Comorin	Davis . . .	1601	+16 0		+ 7 34	95 54
	Best . . .	1612	+14 0			
	Boners . .	1612	+14 30			
		1620	+14 20	— 5,3		
		1680	+ 8 45	— 5,5		
		1688	+ 7 30			
	Mathews . .	1723	+ 2 54	— 8,1		
		1756	+ 0 15	— 4,8		
	B. Hall . .	1815	— 2 9	— 3,3		

Digitized by Google

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge.
Ceylon, Punta de Galle	Castleton . .	1613	+13° 24′		+ 6° 2′	98° 17′
	Mathews . .	1723	+ 2 45,5	— 5′,8		
	B. Hall . .	1814	— 2 15	— 3,3		
Sumatra, Achen Fort .	Davis . . .	1610	+ 6 25		+ 5 36	113 14
	B. Hall . .	1814	— 2 25	— 2,6		
Batavia	Wallis . . .	1767	+ 1 25		— 6 9	124 34
	Carteret . .	1768	+ 0 25			
	B. Hall . .	1814	— 0 17	— 1,6		
Surabaya	Dentrecasteaux	1793	+ 2 31		— 7° 14′	130 36
	Duperrey . .	1824	+ 0 10,4	— 4,5		
Macao	Vremanus . .	1616	+ 1 30			
		1690	+ 2 25	+ 0,7		
		1722	+ 1 30	— 1,7		
	Cook . . .	1779	+ 0 21	— 1,2		
	Malaspina . .	1792	— 1 12	— 7,2		

Digitized by Google

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge.
Manilla	Le Gentil . .	1766	+ 0° 15′		+14° 34′	138° 31
	La Perouse .	1787	+ 0 33	+ 0′,9		
	Malaspina .	1792	— 0 17,5			
	Lütke . . .	1828	— 0 9	— 1,0		
Waygiou	Forest . . .	1775	— 1 0		0 0	144 40
	Dentrecasteaux	1793	— 1 14	— 0,8		
Bourou, Cayeli . . .	Dentrecasteaux	1793	+ 0 54		— 3 22	145 1
	Albrechtsen .	1799	— 0 18,5			
	Duperrey . .	1823	— 0 31,8	— 2,8		
Amboina	Dentrecasteaux	1792	+ 1 14		— 3 42	146 9
	Duperrey . .	1823	— 0 28	— 3,3		
Dory Hafen	Forest . . .	1775	— 1 30		— 0 52	151 45
	Duperrey . .	1824	— 1 35,6	— 0,1		
Pistart	Tasman . .	1643	— 7 30		—22 26	201 41
	Cook . . .	1773	— 9 51	— 1,1		

Digitized by Google

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge.
Tongataboo	Tasman . .	1643	— 7° 15′		—21° 9′	202° 35′
	Cook . . .	1773	—10 11	— 1′,3		
	Idem . . .	1777	—10 0			
	Dentrecasteaux	1793	—10 0	0,0		
Anamocka	Tasman . .	1643	— 6 20		—20 15	202 51
	Cook . . .	1774	— 9 47			
	Idem . . .	1777	— 8 30	— 1,3		
Otaheiti, Point Venus	Wallis . . .	1767	— 5 30		—17 30	228 10
	Cook . . .	1769	— 4 45,5			
	Idem . . .	1773	— 5 40			
	Idem . . .	1775	— 5 49			
	Idem . . .	1779	— 5 34			
	Vancouver .	1794	— 6 12			
	Broughton .	1795	— 3 43			
	Duperrey .	1823	— 6 40			
	Kotzebue . .	1824	— 6 50	— 1,3		
Galapagos Insel . . .	Vancouver .	1794	— 8 0		— 0 44	285 34
	B. Hall . .	1821	— 8 20	— 0,8		

Digitized by Google

Aus vorstehender Tafel sieht man, dafs sich von *Acapulco* nach *Carthagena* der Nordpol der Nadel gen *Osten* bewegt. Vom Meridiane 300° östl. Ferro, wo die Nadel gegenwärtig stillstehend ist, bis zur Ostküste Afrika's bewegt sie sich dagegen gen *Westen*. Das Maximum dieser westlichen Bewegung scheint bei St. Helena und Ascension einzutreffen, wo es ungefähr 9′ des Jahres ist. Beim Einlaufe in den arabischen Meerbusen verschwindet wieder diese *westliche* Bewegung und geht in eine östliche über, deren Maximum nahe am Cap Comorin und *Ceylon* eintrifft, wo sie =5′ jährlich ist. Diese verschwindet wieder bei Macao und Manilla. Im ganzen Südmeere ist die Bewegung der Nadel *östlich*, aber sehr gering, und scheint nirgends 1 Minute zu übersteigen; sie verschwindet wieder in Amerika beim Meridiane 300° östlich Ferro.

In der südlichen Halbkugel finden sich nur wenig feste Punkte, wo solche Untersuchungen über die Bewegung der horizontalen Nadel angestellt werden können. Indessen habe ich in der folgenden Tafel Beobachtungen aus Südamerika, dem Vorgebirge der guten Hoffnung, Neuholland und Neuseeland gesammelt.

Digitized by Google

Tafel III.

Jährliche Veränderung der Abweichung in der südlichen Hemisphäre.

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge. Ferro.
Valdivia	Narborough .	1670	— 8° 10′		—39° 51′	304° 13′
	Moraleda . .	1788	—17 30	— 4′,8		
Conception	Feuillée . .	1709	—10 0		—36 43	305 0
	Frezier . .	1712	—10 0			
	Malaspina . .	1791	—14 52	— 3,3		
	B. Hall . .	1821	—15 30			
	Duperry . .	1823	—16 16,4			
	Kotzebue . .	1824	—15 0			
	Lütke . . .	1827	—17 2			
	King . . .	1829	—15 45	— 1,4		

Digitized by Google

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Länge.	Breite. Ferro.
Valparaiso	Feuillée . .	1709	— 9° 30′		—33° 0′	307° 4′
	Don Juan . .	1744	—12 30	— 5′,1		
	Malaspina .	1791	—13 39			
	Vancouver .	1793	—14 49	— 2,6		
	Spanische Karte	1802	—14 55			
	Bas. Hall . .	1821	—14 43			
	Lütke . . .	1827	—14 26			
	King . . .	1829	—15 22	— 0,9		
Terra del Fuego, goad succeſs Bay . . .					—54 50	312 15
	Frezier . .	1712	—24 0			
	Cook . . .	1769	—24 9	0,0		
	King . . .	1829	—23 16	+ 0,9		

Digitized by Google

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Länge.	Breite. Ferro.
Guter Hoffnung Vorgebirge	Davis . . .	1605	— 0° 30′		—33° 55′	36° 4′
	Keeling . .	1609	+ 0 12			
		1667	+ 7 15	+ 7′,5		
	Leydecker .	1675	+ 8 28			
		1706	+13 40	+ 9,6		
	Mathews . .	1724	+16 22,5	+ 9,0		
	La Caille . .	1752	+19 0	+ 5,6		
	Cook . . .	1772	+20 26			
	Idem . . .	1775	+21 14	+ 5,9		
	Bligh . . .	1788	+23 16			
	Dentrecasteaux	1792	+24 30			
	Bönsöe . .	1804	+25 4	+ 7,9		
	Fitzmaurice .	1813	+28 0			

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge. Ferro.
Madagascar						
Augustins Bay . .	W. Keeling .	1607	+15° 28′		—23° 35′	60° 49′
	Saris . . .	1611	+15 11			
	Payton . .	1613	+15 40			
	Mathews . .	1721	+23 48	+ 1′,1		
	Horsburgh .	1798	+23 30			
		1804	+24 0	+ 0,1		
Fort Dauphin	Flacourt . .	1661	+19 0		—25 1	64 29
	Le Gentil .	1761	+22 7,5	+ 1,9		
S. Sebastian Vorgeb.	Lankaster .	1600	+16 0		—12 42	65 27
	Davis . . .	1610	+16 40			
	Mathews . .	1722	+18 48,5	+ 1,4		
Antongil Bay . .	Flacourt . .	1661	+19 0		—15 28	67 36
	Le Gentil . .	1761	+22 7,5	+ 1,9		
Bourbon Insel . . .	Castleton . .	1614	+22 48		—20 58	73 10
	Mathews . .	1722	+19 46,5	— 1,7		
	Fitzmaurice .	1813	+17 20	— 1,6		

Digitized by Google

Beobachtungsort.	Beobachter.	Jahr.	Abweichung.	Jährliche Veränder.	Breite.	Länge. Ferro.
Mauritius Insel . . .	Keeling . .	1609	+21° 0′		—20° 10′	75° 10′
	Mathews . .	1722	+19 4	— 1′,0		
	Fitzmaurice .	1813	+16 40			
	Duperrey . .	1824	+13 46	— 3,1		
Van Diemens Land .	Tasman . .	1642	— 3 0		—43 10	
	Bayley . . .	1773	— 9 50		—43 22	165 9
	Idem . . .	1777	— 7 29			
	Bligh . . .	1778	— 8 33	— 2,5		
Heil. drei König Insel .	Tasman . .	1643	— 8 40		—34 35	
	Cook . . .	1769	—11 25	— 1,3	—34 0	189 40
N. Zeeland, Murder Bay	Tasman . .	1642	— 9 0		—40 30	191 40
	Cook . . .	1770	—13 5	— 1,9		

Aus dieser Tafel geht hervor, daſs sich an der Westküste Südamerika's der Nordpol der Magnetnadel etwas gen Osten bewegt; allein diese östliche Bewegung ist jetzt weit geringer als vor hundert Jahren. Am Feuerlande verschwindet sie ganz und geht weiter ostwärts in eine westliche Bewegung über, welche am Vorgebirge der guten Hoffnung bis 8 oder 9 Minuten steigt. Diese verschwindet wieder bei Madagascar und der Insel Bourbon, etwa beim Meridiane 70° östlich Ferro, und wird weiter ostwärts östlich, wahrscheinlich durch das ganze stille Meer bis Südamerika.

Es liegt ziemlich am Tage, daſs die in obigen Tafeln angeführten Beobachtungen der Abweichung oft um einen halben, ja zuweilen einen ganzen Grad unsicher sind. Die aus denselben abgeleiteten jährlichen Veränderungen können mithin nicht ganz sicher seyn, zumal wenn die zwischen den Beobachtungen verflossene Anzahl von Jahren gering ist. Ist die jährliche Bewegung der Nadel einigermaſsen regelmäſsig, so müssen sich die beobachteten Abweichungen durch eine Reihe von folgender Form vorstellen lassen:

$$D' = D + at + bt^2 + ct^3 + \ldots.$$

wo D' die veränderliche Abweichung, D die in einem gewissen Jahre beobachtete Abweichung, t die seit dieser Beobachtung verflossene Anzahl Jahre, und a, b, c beständige Coëfficienten bezeichnen. Sucht man durch die Methode der kleinsten Quadrate die Werthe von a, b und c, wodurch die Abweichungen zwischen der Formel und den Beobachtungen ein Minimum werden, so müssen die aus der Formel berechneten jährlichen Veränderungen genauer, als die aus den Beobachtungen selbst abgeleiteten, werden. Ich habe einen Versuch damit gemacht, und, indem ich $c=0$ annahm, folgende Gleichungen gefunden:

Digitized by Google

Ort der Beobachtung.	Jahre.	Abweichung $= D'$.
Valpariso	$1709 + t$	$-9^0\ 30',7 - 5',554\,t + 0',023998\,t^2$
Conception	$1709 + t$	$-10\ \ 0,0 - 4,433\,t + 0,011761\,t^2$
Ascension I.	$1678 + t$	$-1\ \ 16,8 + 7,356\,t + 0,000719\,t^2$
Vorgebirge der guten Hoffnung	$1605 + t$	$-0\ \ 30\ \ + 6,061\,t + 0,011295\,t^2$
Cap Comorin	$1601 + t$	$+16\ \ 0\ \ - 6,981\,t + 0,008115\,t^2$
Tobolsk	$1720 + t$	$-0\ \ 1,3 - 4,919\,t - 0,004660\,t^2$
Macao	$1616 + t$	$+1\ \ 30,3 + 1,629\,t - 0,013763\,t^2$
Otahaiti	$1767 + t$	$-5\ \ 25,1 - 1,185\,t - 0,002763\,t^2$

Digitized by Google

Die Uebereinstimmung dieser Formeln mit den Beobachtungen ersieht man aus folgenden Beispielen:

1) *Valparaiso.*

Jahr.	Abweichung. Beobachtet.	Abweichung. Berechnet.	Unterschied.
1709	— 9° 30′	— 9° 30′,7	+ 0′,7
1744	—12 30	—12 15,7	—14,3
1791	—13 39	—14 24,7	+45,7
1793	—14 49	—14 28,0	—21,0
1802	—14 55	—14 39,6	—15,4
1821	—14 43	—14 51,8	+ 8,8
1827	—14 26	—14 52,0	+26,0
1829	—15 22	—14 51,6	—30,4

2) *Conception.*

Jahr.	Abweichung. Beobachtet.	Abweichung. Berechnet.	Unterschied.
1709	—10° 0′	—10° 0′,0	0′,0
1712	—10 0	—10 14,3	—14,3
1791	—14 52	—14 44,4	+ 7,6
1821	—15 30	—15 49,0	—19,0
1823	—16 16,4	—15 52,5	+23,9
1824	—15 0	—15 54,2	—54,2
1827	—17 2	—15 59,3	+62,7
1829	—15 45	—16 2,6	—17,6

3) *Ascension.*

Jahr.	Abweichung. Beobachtet.	Abweichung. Berechnet.	Unterschied.
1678	— 1° 0	— 1° 16′,8	+16′,8
1754	+ 8 6	+ 8 6,4	— 0,4
1768	+ 9 53	+ 9 51,0	+ 2,0
1775	+10 52	+10 43,6	+ 8,4
1806	+15 40	+14 36,6	+63,4
1816	+15 30	+15 52,0	—22,0
1825	+16 52,3	+17 0,0	— 7,7

Digitized by Google

4) *Tobolsk.*

Jahr.	Abweichung. Beobachtet.	Abweichung. Berechnet.	Unterschied.
1720	0° 0′	— 0° 1′,3	+ 1,3
1761	— 3 46	— 3 30,8	—15,2
1805	— 7 9	— 7 33,2	+24,2
1828	— 9 57,3	— 9 46,9	—10,4

5) *Macao.*

Jahr.	Abweichung. Beobachtet.	Abweichung. Berechnet.	Unterschied.
1616	+ 1° 30′	+ 1° 30′,3	— 0′,3
1690	+ 2 25	+ 2 15,4	+ 9,6
1722	+ 1 30	+ 1 47,9	—17,9
1789	+ 0 21	— 0 10,5	+31,5
1792	— 1 12	— 0 49,4	—22,6

6) *Otaheiti.*

Jahr.	Abweichung. Beobachtet.	Abweichung. Berechnet.	Unterschied.
1767	— 5° 30′	— 5° 25′,1	— 4′,9
1769	— 4 45,5	— 5 27,5	+12,0
1773	— 5 40	— 5 32,2	— 7,8
1775	— 5 49	— 5 34,6	— 4,4
1779	— 5 34	— 5 39,6	+ 5,6
1794	— 6 12	— 5 59,8	—12,2
1823	— 6 40	— 6 40,1	+ 0,1
1824	— 6 50	— 6 41,7	— 8,3

Man sieht, daſs die Differenzen zwischen den berechneten und beobachteten Abweichungen nicht gröſser sind, als daſs sie nicht Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden können. Beim Cap Comorin steigen dagegen die Differenzen bis auf einen Grad, und beim Vorgebirge der guten Hoffnung auf etwa 2 Grade, welche Abweichungen sich wohl kaum aus Beobachtungsfehlern

Digitized by Google

herleiten lassen, allein wahrscheinlich beträchtlich vermindert werden könnten, wenn man das weggeworfene Glied ct^3 in die Formel einführte.

Die jährliche Veränderung $=v$ wird gefunden, wenn man dieser Formel für D' differenzirt, nämlich:

$$v = a + 2bt.$$

So findet man z. B. für Valparaiso im Jahre 1709, da $t=0$, die jährliche Veränderung $=-5',554$; im Jahre 1809, da $t=100$, die jährliche Veränderung $=-5',554 + 4',800 = -0',754$. Soll die jährliche Veränderung seyn $=0$, d. i. die Nadel stillstehen, so muſs $a+2bt$ seyn $=0$, also:

$$t = -\frac{a}{2b}.$$

Für diesen Werth von t hat also die Abweichung ein Maximum oder ein Minimum. So findet man für Valparaiso $t=117,7$; d. i. das östliche Maximum traf ein im J. 1709 + 116 oder 1825 mit Abweichung $=-14^\circ\ 52',1$. Ebenfalls findet man für Macao das westliche Maximum für $t=59$, im Jahre 1675$=+2^\circ\ 18',5$; und für Otahaiti das östliche Minimum $=-3^\circ\ 18',1$ für $t=-214,4$ im Jahre 1553 u. s. w.

Aus allem Obigen ergiebt sich also, daſs, gleichwie in der nördlichen Kugel das groſse westliche System in der Hudsonsbay in 200 Jahren gen Osten vorgedrungen ist, und das kleine östliche System, welches in Europa lag, und das kleine westliche System bei Novaja Zemlia vor sich gegen die östlichen Grenzen Asiens hineingetrieben hat, so auch in der südlichen Halbkugel das groſse westliche System, welches vor 200 Jahren auf das indische Meer eingeschränkt war, gen Westen vorgedrungen ist, und das östliche System, welches im südlichen atlantischen Meere lag, vor sich dem Feuerlande zugetrieben hat. Die Bewegung beider Liniensysteme ist also *östlich* in der nördlichen Halbkugel, *westlich* in der südlichen.

Wiewohl ich in meinem Magnetismus der Erde die

Digitized by Google

Ursache dieser entgegengesetzten Bewegung in beiden Halbkugeln vollständig angegeben habe, will ich sie doch hier kürzlich wiederholen, da ich sehe, daſs man in der spätern Zeit einen obgleich dunkeln Grund derselben in einer vermeintlich translatorischen Bewegung gegen Westen des sogenannten magnetischen Aequators gesucht hat. Um das Jahr 1600 lag der Nordpol der schwächern Axe nahe bei Novaja Zemlia, und ihr Südpol etwas westlich vom Feuerlande. Diese Axe hatte damals eine starke Excentricität gegen die Oberfläche des atlantischen Meeres, wodurch ihre Wirkung im atlantischen Meere vorherrschend war, wo sie ein zusammenhängendes östliches Abweichungssystem hervorbrachte. In den folgenden 200 Jahren bewegte sich ihr Nordpol gen Osten, ihr Südpol gen Westen, wodurch ihre Excentricität vermindert wurde, bis endlich ihr Mittelpunkt jetzt an die entgegengesetzte Seite des Mittelpunktes der Erde gekommen ist. Die stärkere Magnetaxe ist dadurch die vorherrschende auf unserer Seite der Erde geworden, wo sie ein zusammenhängendes westliches Abweichungssystem hervorgebracht hat.

Schlieſslich will ich auf die vollkommene Symmetrie aufmerksam machen, welche zwischen den Abweichungssystemen in der südlichen und nördlichen Kugel stattfindet. Man lege meine Abweichungskarte für das Jahr 1770 (Atlas zum Magnet. der Erde) umgekehrt vor sich, so daſs die südliche Halbkugel nach oben gerichtet ist, und vergleiche diese mit der beifolgenden neuen Karte über das Abweichungssystem in Sibirien für 1829. Man wird alsdann an der linken Seite beider Karten ein groſses System *westlicher Abweichungen* finden, dessen Gröſse gerade bis 180° steigt (wiewohl man in der südlichen Kugel wegen undurchdringlicher Eismassen noch keine Gelegenheit gehabt hat, sie gröſser als 45° zu beobachten). Die Form der Linien ist auf beiden Karten genau dieselbe. Dieses System wird auf beiden Karten zur

Digitized by Google

Rechten von einer Linie begrenzt, worin die Abweichung verschwindet. Diese Linie kommt vom Erdpole und nähert sich dem Aequator in einer rechts geneigten Lage. Auf der rechten Seite dieser Linie liegt auf beiden Karten ein System *östlicher Abweichungen*, dessen Maximum kaum 30° übersteigt. Die Form der Linien ist auf beiden Karten genau dieselbe in beiden Halbkugeln. Der zur Rechten liegende Zweig der Linien in diesem Systeme umschlieſst auf beiden Karten ein System birnförmiger, oder wie ein Ey gebildeter, in sich selber zurücklaufender Linien, welche in der nördlichen Halbkugel eine *westliche Abweichung* bezeichnen, deren Maximum 4 oder 5 Grade ist, in der südlichen dagegen ein *Minimum östlicher Abweichung*. Auf einer Universalkarte der Abweichung für 1810, welche ich nach Beobachtungen entwarf, die ich 1819 im englischen Seekartenarchive in London erhalten habe, wird dieses Minimum 4° östlich gefunden; auf der Karte für 1770 ist es nur 2° östlich; auf der Karte für 1710 ist es weniger als 1° östlich. Denn Capitain Woods Rogers fand 1709 auf einer Reise vom Cap S. Lucar in Californien nach der Insel Guam die kleinste östliche Abweichung =0° 40′ östlich in 14° 24′ N. Br. und 126° 45′ westl. Länge von London (Magn d. Erde, Anhang S. 40.). Früher muſs sie noch geringer gewesen seyn: denn Schouten fand den 3. April 1616 die Abweichung =0° in 15° S. Br. und etwa 130° westl. v. Grw.; und Gemelli Carreri fand im Jahre 1693 beim Cap Mendocino in 40° N. Br. und ungefähr in demselben Meridiane die Abweichung =2° östlich; wo sie jetzt 17° östlich ist (siehe Magn. d. Erde, S. 28. und 37.). Es kann mithin gar nicht bezweifelt werden, daſs nicht an dieser Stelle vor dem Jahre 1600 ein kleines *westliches* Abweichungssystem gewesen sey; was auch Dr. Halley's Ueberzeugung war, und mit der allgemeinen Bemerkung übereinstimmt, daſs die östliche Abweichung im ganzen Südmeere immer zunimmt. Den-

Digitized by Google

ken wir uns also eine Zeit, da die östliche Abweichung in dieser Gegend des Südmeeres 5° geringer als 1770, d. i. der Stand der Magnetnadel 5° westlicher war, so wird die Linie auf der Karte für 1770, welche —5° bezeichnet ist, eine Linie für 0° gewesen seyn; die nächste Linie auf —4° wird die Abweichung +1° oder eine *westliche Abweichung* von einem Grade bezeichnet haben u. s. w. Endlich wird die letzte Linie, welche 1770 —2° bezeichnet war, der Abweichung +3° oder einem *westlichen Maximum* von 3 Graden zugehört haben. Dadurch erhält dieses Liniensystem die allervollständigste Gleichheit mit dem entsprechenden im östlichen Sibirien. Dieselbe vollkommene Symmetrie in beiden Halbkugeln zeigen auch die Neigungslinien und die isodynamischen Linien. Welche Vorstellung man auch von der Ursache der magnetischen Erscheinungen der Erde haben mag, ist es doch gewiſs, daſs man immer mehr Hoffnung haben darf, die Ursache einer Naturerscheinung zu ergründen, welche in allen ihren Theilen völlig symmetrisch, als einer, welche ganz unregelmäſsig ist. Die Naturforscher, welche sich dem deutlichen Zeugnisse der Erfahrung zuwider bemühen, diese Symmetrie wegzubeweisen, handeln also ganz ihrem eigenen und dem Interesse der Wissenschaft entgegen. Das ganze magnetische System für eine Sammlung örtlicher Einwirkungen und Anomalien erklären, heiſst jeden Weg zur weiteren Forschung abschneiden.

B. Jährliche Veränderung der Neigung.

Die *Neigung* ist auch Veränderungen über die ganze Erdfläche unterworfen. In einigen Gegenden nimmt sie zu, in andern ab, und zwischen diesen giebt es gewisse Linien, in welchen sie mehrere Jahre lang unverändert bleibt. Allein die Untersuchung der Gröſse dieser Veränderungen ist noch schwieriger als diejenige der Veränderungen der Ab-

Digitized by Google

weichung. Die älteren Beobachter kehrten nicht die Pole der Nadel um, und ihre Beobachtungen sind aus diesem Grunde bis auf Einen Grad und darüber unsicher. Will man bloſs neuere Beobachtungen vergleichen, so haben sogar kleine Beobachtungsfehler einen merklichen Einfluſs auf die daraus abgeleitete jährliche Veränderung. Will man ältere nutzen, so wäre es wohl möglich, daſs die Fehler derselben in einem stärkeren Verhältnisse als die dazwischenliegenden Jahre zunehmen, und in diesem Falle wäre nichts damit gewonnen. Von englischen Beobachtungen verdienen bloſs diejenigen auf Cook's zweiter, zumal dritter Reise, wo die Pole der Nadel immer umgekehrt wurden, einiges Vertrauen, ob man gleich an einzelnen Landungsplätzen einen Unterschied von einem ganzen Grade zwischen der Bestimmung Cook's und Bayley's an einer und derselben Stelle findet, wovon sich kein Grund angeben läſst. Ebenfalls sind Capitain Sabine's Neigungsbeobachtungen auf seiner Reise zur Untersuchung der Pendellänge wohl ausgeführt. Dagegen sind auf den drei Nordwestexpeditionen die Pole der Nadel nicht umgekehrt worden, und es ist sehr zu bedauern, daſs die Beobachtungen über Neigung und Intensität, welche Capitain Franklin auf seiner so über die Maſsen mühseligen und gefahrvollen Reise in einer Gegend ausführte, welche hinsichtlich der Theorie des Erdmagnetismus eine der interessantesten ist, aus diesem Grunde als ganz verloren angesehen werden müssen. Die magnetischen Beobachtungen, welche auf französischen Seeexpeditionen seit der Zeit des Dentrecasteaux angestellt worden, sind mit vieler Sachkenntniſs und Fleiſs ausgeführt. Dasselbe Zeugniſs muſs man den Beobachtungen des Barons Wrangel, Capitain Lütke und Capitain Anjou ertheilen.

Da hier von der Genauigkeit der Neigungsbeobachtungen die Rede ist, so seyen mir einige Bemerkungen über das Neigungsinstrument und die Art seiner Benutzung

Digitized by Google

erlaubt *). Die englischen Nadeln sind im Allgemeinen im Verhältnisse ihrer Länge zu schwer, und die Zapfen der Axen zu dick und nicht genau genug gearbeitet. In diesem Stücke zeichnen sich die Gambey'schen Instrumente aus, welche unstreitig die vorzüglichsten sind. Allein obgleich die Instrumente dieses ausgezeichneten Künstlers dem Beobachter den gröſsten Theil seiner Mühe ersparen, sind sie doch auch nicht ganz unfehlbar. Wenn die Nadel durch die Zange gehoben und wieder auf den Steinen niedergelassen wird, kommt sie nicht immer genau auf demselben Punkte in Ruhe, wovon ich mich durch Beobachtungen mit fünf verschiedenen Instrumenten dieses Künstlers überzeugt habe; Abweichungen von 3' bis 5' sind gewöhnlich, von 10' oder darüber seltener. Die von den meisten Beobachtern angewandte Methode, bloſs die Nadeln Ein Mal in jeder Lage zu beobachten, ist mithin nicht genügend, wenn man sich einer einzelnen Minute im Endresultate vergewissern will. Ich hebe immer die Nadel vier Male in jeder Lage, und rechne sonach 32 Ablesungen für eine vollständige Beobachtung. Hiezu kommen noch die *constanten Fehler* des Instrumentes. Diese haben ihren Ursprung in zwei verschiedenen Ursachen: in der *Abweichung der Zapfen* von der *cylindrischen Form*, und in einer möglichen schwachen *magnetischen Polarität* des *eingetheilten Kreises*. An einer und derselben Stelle der Erdoberfläche ruht die Nadel bei den vier Umlegungen immer auf den nämlichen vier Punkten der Zapfen, und die Abweichung der Zapfen von der Cylinderform hat also immer *dieselbe* Wirkung. Gambey hat diese Unsicherheit zu heben gesucht, indem er jedem Instrumente zwei Nadeln mitgab. Wenn diese zwei Nadeln einerlei Resultat geben, so ist es nicht wahrscheinlich, daſs die Fehler in beiden Axen nach derselben Seite wirken. Geben aber diese zwei Na-

*) Eine ausführlichere Theorie wird im Berichte von meiner sibirischen Reise gegeben werden.

Digitized by Google

deln ein verschiedenes Resultat *), so ist man nicht sicher, welche von beiden Nadeln das rechte giebt, oder ob ein Medium aus beiden die Wahrheit ist. Ich habe es daher vortheilhafter gefunden, eine lose Axe zu benutzen, welche mit starker Reibung in der Nadel umgedreht werden kann. Wann eine Inclinations-Beobachtung beendigt ist, wird die Axe 45° oder 90° umgedreht und eine neue Inclination beobachtet, und auf diese Weise weiter fortgefahren die Axe bei jeder neuen Reihe umzudrehen, bis sie in die erste Lage zurückkehrt. Gewöhnlich findet man bei diesem Verfahren eine Lage der Axe, in welcher die Nadel immer die gröſste, und eine andere, in welcher sie immer die kleinste Neigung giebt. Ein Medium aus allen diesen ist höchst wahrscheinlich vom Einflusse der Fehler der Axe befreit, und eine Nadel mit beweglicher Axe leistet folglich dieselben Dienste wie 4 oder 8 Nadeln mit fester. Je leichter die Nadel und je freier die Zapfen im Verhältnisse der Länge der Nadel sind, desto geringer werden natürlicher Weise diese Differenzen.

Der Bequemlichkeit der Ablesung willen müssen die Spitzen der Nadel beinahe den eingetheilten Kreis berühren, so daſs der Abstand höchstens $\frac{1}{10}$ oder $\frac{2}{10}$ Linie ist. In einer so geringen Entfernung hat aber das unbedeutendste Eisentheilchen, oder was immer für eine andere magnetische Kraft im eingetheilten Kreise einen merklichen Einfluſs auf die Stellung der Nadel, da sie auf den Endpunkt eines so langen Hebels wirkt. Sind beide Nadeln gut abgewogen, so werden ihre Spitzen an einer und derselben Stelle der Erde sehr nahe um die nämlichen vier Punkte des Limbus spielen, und diese werden also auf beide Nadeln denselben Einfluſs haben. Um sich von dem Daseyn einer solchen Wirkung zu über-

*) Prof. Kupffer in Petersburg hatte ein Gambey'sches Instrument, an welchem die eine Nadel *immer* ein um mehrere Minuten gröſseres Resultat gab, als die andere.

Digitized by Google

zeugen, giebt es kein anderes Mittel, als, nach **Mayer's** Vorschlage, das Gleichgewicht der Nadel aufzuheben, so daſs sie bei den vier Umkehrungen sehr verschiedene Stellungen annimmt, in der einen z. B. über den 90sten Grad in den nächstliegenden Quadranten einschreitet. Giebt die Nadel alsdann mit verschiedenen Gewichten dieselbe Neigung, und stimmt diese wiederum mit dem Resultate überein, was gefunden wird, wenn die Nadel abgeglichen ist, so ist man sicher, daſs sich keine constanten Fehler von dieser Art finden; im entgegengesetzten Falle ist eine Mittelzahl aus den verschiedenen Resultaten allemal sicherer, als eine einzelne Beobachtung mit abgeglichener Nadel; und dieſs ist meiner Meinung nach der einzige, aber zugleich bedeutende Nutzen dieser Methode. Hat man einmal gefunden, daſs das gebrauchte Instrument von diesem Fehler frei ist, alsdann kann man mit Sicherheit die gewöhnliche Methode anwenden.

Um diese Beobachtungen zu erläutern, will ich folgende Beobachtungen anführen. Auf meinem kleinen sechszölligen **Ertel**'schen Instrumente, welches auf der sibirischen Reise gebraucht wurde, war der Ring unmittelbar bis 10′ eingetheilt, so daſs man mittelst der Loupe mit Sicherheit eine einzelne Minute ablesen konnte. Die Nadel war mit drei losen Axen, verfertigt von Hrn. **Kessels** in Altona, und einem kleinen Gewichte mit Schraubenmutter versehen, welches nach Belieben in verschiedene Abständen von der Achse gerückt werden konnte.

1) Mit diesem Instrumente wurde in *Christiania* im April 1828 durch zehn Reihen, sechs mit Nadel ohne Gewicht und verschiedenen Stellungen der Axe, vier mit verschiedenen Gewichten, die Neigung im Mittel =72° 16′,2 gefunden; die sechs mit Gewicht gaben 72° 16′,5, die vier ohne Gewicht 72° 15′,8. Da die Abweichung vom Mittel keine halbe Minute beträgt, so scheint der Ring frei vom Magnetismus zu seyn. Das nämliche Instrument gab in

Digitized by Google

Christiania im Juli 1830 folgende Resultate mit Nadel ohne Gewicht, Axe No. 1.

Anzahl der Ablesungen.	Neigung der Axe.	Neigung.
32	90°	72° 6',5
32	180	72 14,0
32	225	72 4,8
32	270	71 58,6
32	0	72 8,7
	Mittel	72° 6',7.

2) Dasselbe Instrument gab in *Petersburg* den 20. April 1830 durch Umdrehung der Axe von 90° zu 90° folgende Resultate:

Beobachter.	Neigung.
Hansteen	71° 13',5
Hansteen	70 58,1
Kupffer	71 16,6
Kupffer	71 6,4
Mittel	71° 8',7.

An beiden Orten findet sich eine Differenz von ¼ Grad zwischen zwei Stellungen der Axe, welche 90° von einander liegen; dieſs beweist also *den Nutzen der Umdrehung der Axe.*

3) Ein der norwegischen Universität gehöriges, neulich aus *Paris* gekommenes, Gambey'sches Instrument gab in *Christiania* den 16. und 18. November 1830 folgende Resultate:

Nadel.	*a*	*b*	*c*	*d*	Mittl. wahre Neigung.
1.	72° 5',6	72° 10',8	72° 13',3	72° 8',8	72° 9',6
1.	72 1,9	72 10,9	72 11,3	72 14,4	72 9,4
2.	72 51,7	71 18,8	71 18,0	73 10,6	72 9,8
2.	73 10,0	71 3,0	71 20,0	73 9,5	72 10,6
				Mittel	72° 9',85

Mit

Digitized by Google

Mit verschiedenen Gewichten (nämlich einem an der Kante der Nadel, nahe an der Axe befestigten Lackklumpen) gab dasselbe Instrument folgende Resultate:

Nadel.	a	b	c	d	Wahre Neig.
1.	54° 31',6	95° 44',9	96° 8',1	51° 41',7	72° 6',9
1.	46 32,5	108 24,6	116 44,4	39 57,8	72 4,6
2.	45 6,6	108 25,2	106 57,3	46 52,3	72 2,2
2.	51 44,7	97 5,9	95 45,3	53 46,5	72 4,2
				Mittel	= 72° 4',55.

Die wahre Neigung ist berechnet nach der Formel:

$$tang\ i = \frac{cot\ a + cot\ d - cot\ b - cot\ c}{cot\ a\ .\ cot\ d - cot\ b\ .\ cot\ c}.$$

Der wahrscheinliche Fehler einer einzelnen Beobachtung mit abgeglichener Nadel wird folglich = 0',357, und aus dem Mittel aller 4 = 0',18; einer einzelnen Beobachtung mit Gewicht = 1',302, und aus dem Mittel aller 4 = 0',65. Es ist natürlich, daſs er gröſser gefunden werden muſs, wenn die Nadel aus dem Gleichgewichte herausgebracht ist; denn alsdann ruht die Nadel auf ganz verschiedenen Punkten der Zapfen, wodurch also die Fehler dieser verschieden wirken, gleich wie die verschiedenen Punkte des Ringes, bei welchen die Spitzen der Nadel in Ruhe kommen. Wiewohl nun also die Ungewiſsheit dieser beiden Resultate nicht 0',18 und 0',65 übersteigt, weichen sie doch gegenseitig 5',3 von einander ab, welches *allein einem schwachen Magnetismus in einzelnen Punkten des Ringes* zugeschrieben werden muſs. Das Mittel aus beiden 72° 7',2 stimmt bis auf $\frac{1}{2}$ Minute mit dem oben angeführten Mittel des Ertel'schen Instruments, im Juli 1830, welches 72° 6',7 war.

4) Das von Hrn. v. Humbolt auf seiner Reise in dem russischen Reiche benutzte Gambey'sche Instrument ward in *Petersburg* bei meiner Rückkehr nach dieser Hauptstadt im April 1830 gefunden. Den 20. April

Digitized by Google

machte ich daselbst im botanischen Garten auf demselben Punkte, wo obige in No. 2. angeführte Beobachtungen angestellt wurden, mit demselben folgende Beobachtungen:

Nadel.	*a*	*b*	*c*	*d*	Mittlere wahre Neigung.
A	70° 21',1	72° 12',2	71° 6',6	70° 32',9	71° 3',2
B	70 42,0	72 13,6	70 31,9	71 10,4	71 9,5
					Mittel = 71° 6,4.

Mit einem an der Nadel *B* befestigten Lackklumpen erhielt ich folgende Resultate:

a	*b*	*c*	*d*	Wahre Neig.
50° 19',6	99° 18',5	97° 48',9	50° 10',1	71° 11',2

Dieses Gambey'sche Instrument scheint also die Inclination zu klein zu geben, wenn die Nadel balancirt ist. Ein Mittel aus beiden Resultaten giebt 71° 8',8, völlig wie das Ertel'sche. Durch das Mittel aus funfzehn Bestimmungen an verschiedenen Orten, wo Hr. v. Humboldt und ich bald nach einander die Neigung beobachtet haben, finde ich (mit Ausnahme der anomalen Gebirgsgegenden *Katharinenburg* und *Nishne-Tagilsk*, wo ein kleiner Unterschied im Beobachtungspunkte merklichen Einfluſs gehabt haben mag), daſs das Instrument des Hrn. v. Humboldt die Neigung 2',7 kleiner, als mein Ertel'sches, und ich glaube aus obigen Gründen, kleiner als die Wahrheit angegeben hat.

5) Hr. Prof. Erman hat die Güte gehabt, mir Folgendes mitzutheilen: »Mit einem, dem meinigen ganz ähnlichen Gambey'schen Instrumente fand neulich (1827) Humboldt die Neigung in *Berlin* mit Nadel *A* = 68° 37',4, Nadel *B* = 68° 40',4, durch Mittel 68° 38',9. Einige Tage nach der Humboldt'schen Beobachtung beobachtete ich die Neigung an demselben Orte, und fand sie

Digitized by Google

mit der Nadel *A* =68° 42',7, mit *B* =68° 48',8, im Mittel =68° 45',8. Dieser Unterschied von 7' zwischen Humboldt's und meinem Instrumente ist auffallend, und möchte aus einer Individualität bei beiden Instrumenten herrühren.« Dieses Urtheil des Hrn. Prof. Erman's ist gewiſs gegründet. War dieses Humboldt'sche Instrument das nämliche, welches auf der sibirischen Reise gebraucht wurde, so bestätigt es das obige in No. 4. gefundene Resultat. Auf jeden Fall deutet diese Differenz auf die Richtigkeit meiner Behauptung hin, daſs selbst die Gambey'schen Instrumente mit zwei übereinstimmenden Nadeln nicht von constanten Fehlern frei sind.

6) In *Petersburg* wurde den 20. April 1830 die Neigung mit zwei anderen Instrumenten, einem von 5 Zoll im Durchmesser, dem Hrn. Baron Schilling von *Canstadt* zugehörig, und verfertigt in der Kaiserlichen Fabrik zu *Ischora* bei *Petersburg*, und einem anderen der Academie zugehörigen von Gambey, beobachtet. Mit Schilling's Instrumente fand ich mit Nadel 1. 71° 12',9, Lieutnant Due mit Nadel 2. 71° 6',1, also im Mittel 71° 9',5. Mithin finden wir die Inclination in *St. Petersburg* im April 1830

mit Schilling's Instrumente, 2 Nadeln =71° 9',5
mit meinem von Ertel, 4 Beobachtungen =71 8,7
mit Humboldt's von Gambey, 3 Beob. =71 8',8

Nun fand Kupffer mit dem Gambey'schen Instrumente der Academie denselben Tag mit Nadel *A*. 71° 11',1, und mit Nadel *B*., wenn ich mich recht entsinne, 71° 23', und diese Nadel gab allemal die Neigung etwa 10' gröſser als *A*. Wir haben also abermals hier ein Gambey'sches Instrument, welches beide oben erwähnte constante Fehler zu vereinigen scheint, worüber Hr. Prof. Kupffer durch Beobachtung dieser zwei Nadeln mit Gewicht leicht Aufklärung ertheilen kann *).

*) Wenn Hr. v. Humboldt (*Ann. de Phys. T. XV. p.* 327.) die Differenzen, welche sich bei meinen verschiedenen Beob-

Digitized by Google

Der oben angeführten Umstände wegen giebt es nur wenige Stellen auf der Oberfläche der Erde, wo man mit einiger Sicherheit die Gröſse der jährlichen Verände-

achtungen in *Drontheim* mit meinem kleinen Dollond'schen Instrumente fanden, als Beweis der Mittelmäſsigkeit des Instruments anführt, so gründet sich dieſs allein auf ein Miſsverständniſs. Es ist unzweifelhaft, daſs eine fünfzöllige Nadel unter gleichen Umständen einer zehnzölligen nachsteht; aber eben so unzweifelhaft ist es, daſs man mit der ersteren durch zweckmäſsiges Verfahren, wiewohl mit weit mehr Mühe, eine eben so absolute Genauigkeit, als mit der letzteren erreichen kann. Die erwähnten Differenzen sind bei meiner Beobachtungsmethode *geflissentlich erzwungen*, um dadurch *die constanten Fehler* in der Mittelzahl zu vernichten, welches weit mehr zu wünschen ist, als eine illusorische Uebereinstimmung zwischen den einzelnen Bestimmungen. Wenn der Astronom sein Passagen-Instrument umlegt, erhält er Differenzen zwischen den einzelnen Beobachtungen, aber eine weit sicherere absolute Zeitbestimmung. Durch verschiedene Beobachtungen mit diesem Instrumente mit beiden Nadeln, mit und ohne Gewicht, wie immer mit umgedrehter Axe, habe ich folgende Werthe des wahrscheinlichsten Fehlers einer einzelnen vollständigen Beobachtung gefunden:

In *Christiania*	1820	=7',10
	1822	=6,04
	1825	=5,37
Copenhagen . .		=5,75
Drontheim . . .		=5,96
Hernösand . . .		=5,18
Piträ		=6,48
Haparanda . .		=3,74
Uleaborg		=3,89
Wasa		=4,60
Åbo		=6,56
Stockholm . . .		=7,01
	Mittel	=5',64.

Die *wirklichen* Fehler können begreiflichermaſsen bisweilen diesen wahrscheinlichen übersteigen, sind aber auch oft kleiner. Das Mittel aus allen zehn Beobachtungen in *Drontheim* war 74° 40',7; die beiden Extreme gab die flache Nadel mit +15',6, und die runde mit −13',1; alle übrigen Differenzen nähern sich mehr dem wahrscheinlichen Fehler, oder sind kleiner als die-

Digitized by Google

rung der Neigung angeben kann. Es ist aber schon von Wichtigkeit, auszumitteln, an welchen Orten sie *zunimmt*, an welchen sie *abnimmt*, und wo sie in längerer Zeit *unveränderlich* ist; und auf diese mäſsige Forderung will ich mich im Folgenden hauptsächlich beschränken.

Für *Paris* habe ich aus den fünf in untenstehender Tafel mit * bezeichneten Beobachtungen gefunden, daſs man sehr nahe allen von 1776 bis 1830 angestellten Beobachtungen durch folgende Formeln, welche die Neigung i und die jährliche Veränderung v für das Jahr $1798 + t$ angeben, genügen kann:

$$i = 69^\circ\ 53',2 \quad - 5',2704\, t + 0',041316\, t^2$$
$$v = \quad - 5',2704 + 0',0826\, t.$$

Die nach dieser Formel berechneten Neigungen, verglichen mit den Beobachtungen, sind in folgender Tafel enthalten:

ser. Aus vorstehendem wahrscheinlichen Fehler folgt, daſs ein Mittel aus 32 Beobachtungen mit diesem Instrumente einen wahrscheinlicher Fehler $=1'$ hat; ein Mittel aus $8=2'$, aus $4=3'$ u. s. w., und aus den zehn in *Drontheim* $=1',78$. Wenn die Axe der Nadel nicht umgedreht, und das Gewicht nicht angebracht wird, giebt dieses Instrument, wie alle anderen, Resultate, welche mit einander bis auf wenige Minuten übereinstimmen, was später gezeigt werden wird. Das Instrument, womit Hr. Lector Boeck (nicht Keilhau) auf einer Reise durch Deutschland beobachtete, war ganz brauchbar, und gab sowohl an mehreren Orten in Norwegen als in *Berlin*, *Prag* und *Dresden* Resultate, welche bis auf wenige Minuten mit den Resultaten gröſserer und besserer Instrumente übereinstimmten. Späterhin auf der Reise wurden durch die Erschütterungen des Wagens die Agatflächen los, und nicht völlig in ihre vorige Lage gebracht, weswegen die folgenden Beobachtungen mit diesem Instrumente vermuthlich bis 15' oder 20' unsicher sind. Es ist das nämliche Instrument, womit ich 1824 in *Berlin* beobachtete, und durch angebrachte Gewichte entdeckte, daſs der Ring magnetisch war, weswegen alle damit angestellten Beobachtungen als unbrauchbar verworfen wurden (Poggend. Ann. Bd. III. S. 417. bis 420.). In der Folge wurde, vor der Reise des Hrn. Boeck, ein neuer Ring eingesetzt, welcher fehlerfrei war; übrigens finde ich nichts an der Construction des Instruments auszusetzen.

Beobachter.	Jahr.	Neigung.		Unterschied.
		beobachtet.	berechnet.	
Le Monnier . . .	1776	72° 25′	72° 9′,1	+15′,9
Cassini	1780	71 48	71 41,4	+ 6,6
Cassini	1791	70 52	70 32,1	+19,9
Humboldt und Borda	1798	69 51 *	69 53,2	— 2,2
Gay-Lussac . . .	1806	69 12	69 13,6	— 1,6
Humboldt und Arago	1810	68 50 *	68 55,9	— 5,9
	1812	68 42	68 47,4	— 5,4
	1817	68 39	68 28,0	+11,0
	1823	68 9	68 7,2	+ 1,8
Arago	1824	68 7 *	68 4,1	+ 2,9
	1825	68 0	68 1,0	— 1,0
Humboldt und Mathieu	1826	67 56,5 *	67 58,0	— 1,5
	1827	67 58	67 51,1	+ 6,9
Arago	1830	67 41,3 *	67 46,8	— 5,5

Diese Formel giebt die Gröſse der jährlichen Veränderung für verschiedene Jahrzehende, wie folgt:

1780 = — 6′,75
1790 = — 5,92
1800 = — 5,11
1810 = — 4,29
1820 = — 3,47
1830 = — 2,64
1840 = — 1,83.

Endlich folgt aus der Formel, daſs die Abnahme im Jahre 1862 aufhören wird, da das Minimum der Neigung seyn wird = 67° 5′,2.

Noch besser stellt man alle, zumal die älteren Beobachtungen durch folgende Formel für 1778 + t vor:

$$i = -8',6794\,t + 0',10398\,t^2 - 0',0006649\,t^3$$
$$v = -8',6794 + 0,20796\,t - 0,0019947\,t^2.$$

Aber für die Jahre vor 1780, d. i. für negative Werthe von t, geben wahrscheinlich beide Formeln zu groſse Werthe der Neigung und der jährlichen Veränderung.

Für *Berlin* habe ich auf dieselbe Weise gefunden, daſs die Inclination i und die jährliche Veränderung v

durch folgende Formeln für das Jahr 1769 + *t* dargestellt werden können:

$$i = -72° 45',9 \quad -5',8599\,t + 0',027832\,t$$

$$v = - \quad 5',8599 + 0',055664\,t.$$

Folgende Tafel enthält eine Vergleichung zwischen den beobachteten und nach der Formel berechneten Neigungen

Beobachter.	Jahr.	Neigung. beobachtet	Neigung. berechnet.	Unterschied.
Euler	1769	72° 45'	72° 45',9	—0',9
Humboldt	1806	69 53	69 46,7	+6,3
Erman	1812	69 16	69 24,8	—8,8
Erman	1824	68 48	68 47,1	+0,9
Humboldt und Erman	1826	68 42,4	68 41,5	+0,9

Die jährlichen Veränderungen werden nach der Formel von 10 zu 10 Jahren, wie folgt, gefunden:

für 1770 = —5',80
1780 = —5,26
1790 = —4,71
1800 = —4,15
1810 = —3,70
1820 = —3,00
1830 = —2,50

und das Minimum der Neigung wird im Jahre 1874 mit 67° 37',5 eintreffen.

Die mir bekannten Neigungsbeobachtungen in *London* sind folgende:

Beobachter.	Jahre	Neigung.	No.
Graham	1723	74° 42′	1
Nairne	1772	72 19	2
Cavendish	1775	72 31	3
Gilgin	1786	72 5,7	4
	1787	72 5,7	5
	1788	72 4,0	6
	1789	71 54,7	7
	1790	71 53,7	8
	1791	71 23,7	9
	1795	71 11,4	10
	1797	70 59,4	11
	1798	70 55,2	12
	1799	70 52,2	13
	1801	70 35,6	14
	1803	70 32,0	15
	1805	70 21,0	16
	1808	70 1,0	17
Unbekannt	1811	70 32,5	18
Sabine	1821	70 3,0	19
Segelke	1830	69 37,5	20

Aus dieser Tafef habe ich folgende als erwiesen falsch ausgelassen: Lee fand 1818 70° 51′ (*Philos. Trans.*); in Regents Park fand Kater 13. Apr. 1818 70° 34′,6, und Sabine im März 1819 70° 33′,3, beide mit Brown's Nadel, ohne ihre Pole umzukehren.

Versucht man diese Beobachtungen graphisch durch eine krumme Linie darzustellen, so sieht man, daſs es ganz unmöglich ist, Gilpin's Beobachtungen mit den drei letzten zu vereinbaren. Gilpin's Beobachtungen zeigen auch groſse Unregelmäſsigkeiten, z. B. zwischen 1790 und 1791, und sind in den Zimmern der Gesellschaft der Wissenschaften angestellt. Die Beobachtung von Cavendish harmonirt nicht mit den gleichzeitigen in *Paris*; denn 1830 war die Neigung in *London* fast 2° gröſser als in *Paris*, und die Beobachtung von Cavendish bringt sie fast genau auf dieselben Gröſse, als die gleichzeitige in *Paris*. Entweder müſste man also anneh-

Digitized by Google

men, daſs die Bestimmung von **Cavendish** gegen 2° zu klein, oder daſs **Le Monnier's** gegen 2° zu groſs (was nicht mit **Humboldt's** und **Borda's** Beobachtung 1798 harmonirt), oder daſs an einem dieser Punkte (*Paris* oder *London*) allmählig eine örtliche Veränderung vorgegangen ist, welche die regelmäſsige Veränderung der Neigung modificirt hat. Wegen der geringen Entfernung dieser beiden Hauptstädte von einander finde ich auch diese letztere Hypothese sehr unwahrscheinlich. Meine unmaſsgebliche Meinung ist, daſs, wenn die zwei letzten ausgenommen werden, alle diese Bestimmungen, als in Häusern und zum Theil mit mittelmäſsigen Instrumenten oder ohne Umkehrung der Pole observirt, falsch sind. No. 20. ist im Mittel aus vier Beobachtungen mit und vier ohne Gewicht vom Hrn. Premierlieutenant **Segelke** von der norwegischen Marine observirt, welcher mich auf der Reise nach *Torneå* begleitete, und dadurch vollkommene Uebung in der Ausführung dieser Art Beobachtungen erhielt. Das dazu benutzte Instrument ist dasselbe, was ich in Sibirien brauchte, und die Beobachtungen sind im Garten des Hrn. **Barlow** in *Woolwich* angestellt. Diese Beobachtung, verglichen mit **Sabine's** giebt die jährliche Veränderung für 1825 = −2',87, welches mit No. 18, stimmt, die, verglichen mit **Sabine's**, −2',95 für 1816 giebt.

Indessen habe ich die Beobachtungen No. 3., 10., 19. und 20. durch eine Formel darzustellen versucht, und für $1775 + t$ gefunden:

$$i = 72^\circ\, 31' \quad - 4',3076\, t + 0'02191\, t^2$$

$$v = \quad - 4'3076 + 0',04382\, t.$$

Nach der letzten Formel wird v gefunden:

für 1770	= −5',23
1780	= −4,90
1790	= −4,57
1800	= −4,21
1810	= −3,88

Digitized by Google

für 1820 $= -3',55$
1830 $= -3,22$

und $v = 0$ im Jahre 1873, da $i = 68^\circ\ 59',3$ ein Minimum wird. Aber diese Formel giebt für 1723 $i = 76^\circ\ 19',7$, welches 1½ Grad mehr als Graham's Bestimmung ist.

Dadurch, daſs ich Graham's Beobachtung als richtig annahm, habe ich aus den Beobachtungen 1, 3, 10 und 19 folgende Formel für $1723 + t$ gefunden:

$$i = 74^\circ\ 42' + 0',4296\,t - 0',083016\,t^2 + 0',00050586\,t^3$$

Diese Formel giebt ein Maximum $= 74^\circ\ 42',5$ für das Jahr 1726, aber die jährliche Veränderung für 1825 zu klein.

In *Genf* finde ich folgende Bestimmungen:

Schuckburgh	1775	69° 27'
Arago	1825	65 48,5
De la Rive und Gauthier	1830	65 31,2.

Aus diesen Beobachtungen wird für $1775 + t$ gefunden:

$$i = 69^\circ\ 27' \quad - 5',1981\,t + 0',01654\,t^2$$
$$v = -5',1981 + 0',03308\,t.$$

und

Jahr.	v.
1770	$-5',36$
1780	$-5,04$
1790	$-4,71$
1800	$-4,38$
1810	$-4,05$
1820	$-3,72$
1830	$-3,39$

Besserer Uebersicht halben will ich hier die aus oben angeführten Interpolationsformeln gefundenen Werthe der jährlichen Abnahme zusammenstellen.

Digitized by Google

Jahr.	Jährliche Veränderungen.			
	Paris.	London.	Berlin.	Genf.
1780	—6',75	—4',90	—5',26	—5',04
1790	—5,92	—4,57	—4,71	—4,71
1800	—5,11	—4,21	—4,15	—4,38
1810	—4,29	—3,88	—3,58	—4,05
1820	—3,47	—3,55	—3,02	—3,72
1830	—2,64	—3,22	—3,46	—3,39

Nach diesen vier von einander unabhängigen Bestimmungen scheint wenigstens so viel sicher zu seyn, *daſs im mittleren Theile Europa's im Jahre* 1780 *die jährliche Abnahme der Neigung zwischen* 5' *und* 6' *betrug, und daſs sie stufenweise bis zum Jahr* 1830 *auf etwa* 3' *herabsank, so daſs die Neigung sich jetzt hier einem Minimum zu nähern scheint, welches wahrscheinlich vor dem Schlusse des gegenwärtigen Jahrhunderts eintreten wird.*

In *Göttingen* fand Hr. v. Humboldt die Neigung 1805 =69° 29', Mayer dasselbe Jahr 69° 26', 1814 Mayer =69° 9', 1827 Humboldt 68° 29',4. Der Zeitraum von 1814 bis 1827 giebt die jährliche Veränderung 1820 =—3',05, übereinstimmend mit *Berlin;* zwischen 1805 und 1814 findet man sie dagegen für die Epochen 1810 nur =—2'. Sind die Beobachtungen 1805 an derselben Stelle wie 1814 und 1827 gemacht, so ist diese Anomalie schwer zu erklären.

In *Christiania* habe ich für die Neigung folgende Werthe gefunden, von welchen die drei ersten mit dem Dollond'schen, der vierte mit dem Ertelschen Instrumente, und der fünfte durch Mittel aus Ertel's und Gambey's bestimmt sind:

1820	72° 42',6		
1822	72 33,5		
1825	72 26,4	}	—3',56
1828	72 16,6		
1830	72 7,0		

Digitized by Google

Die jährliche Abnahme wird also für 1825 = −3',56 gerade wie in *Genf* gefunden.

In *Mailand* fand Humboldt 1805 = 65° 40', Carlini und Frisiani 1830 = 64° 15',9; die jährliche Veränderung für 1817,5, also = −3',37.

Endlich findet Hr. v. Humboldt für 1815,5 die jährliche Veränderung in *Florenz* = −3',3, in *Turin* = −3',5. So wird denn für den gröſsten Theil Europa's zwischen dem 45sten und 60sten Breitengrade die jährliche Veränderung der Neigung etwas über 3', nämlich:

Christiania	1825	= −3',56
London	1820	= −3,55
Paris	1820	= −3,47
Berlin	1820	= −3,02
Göttingen	1820	= −3,05
Mailand	1817,5	= −3,37
Florenz	1815,5	= −3,30
Turin	1815,5	= −3,50.

Der Kürze wegen stelle ich die Beobachtungen auf den übrigen Punkten der Erdoberfläche, wo sie weit weniger sicher sind, in folgender Tafel zusammen:

Digitized by Google

Stockholm	Hansteen . . .	1825	72°	8',3	
	Derselbe . . .	1830	71	45,0	— 4',66
Petersburg	Hansteen . . .	1828	71	17,4	
	Derselbe . . .	1830	71	8,9	— 4,25
Lima	Feuillèe . . .	1710	—10	30	
	Humboldt . .	1799	— 9	59	+ 0,4
	Duperrey. . .	1823	— 8	33,3	+ 3,6
Rio Janeiro	La Caille . . .	1751	—20	0	
	Rümker . . .	1821	—15	25,6	+ 3,9
	King	1826	—14	4	
	Lütke	1827	—14	26,6	
	Erman	1830	—13	38,9	+11,9
S. Catharina Insel	La Perouse . .	1785	—30	30	
	Duperrey . . .	1822	—22	45,9	+12,5
	King	1827	—22	24,8	+ 4,2
Valparaiso	Malaspina . .	1793	—44	57,7	
	Vancouver . .	1795	—44	15	
	Lütke	1827	—39	11,8	
	King	1829	—40	20	+ 8,5

Digitized by Google

Talcahuana	Feuillée . . .	1710	—55° 30′	
	Malaspina . . .	1793	—52 11,2	+ 2′,4
	Duperrey . . .	1823	—44 55	
	Lütke	1827	—45 10	+12,4
Ascension Insel	La Caille . . .	1754	+11 10	
	Cook	1775	+ 8 57	— 6,3
	Duperrey . . .	1825	+ 1 41,7	— 8,7
St. Helena I.	La Caille . . .	1754	— 9 0	
	Ekeberg . . .	1771	—13 0	
	Cook	1775	—11 25	— 6,9
	Duperrey . . .	1824	—14 56,6	— 4,3
Vorgebirge der guten Hoffnung	La Caille . . .	1751	—43 0	
	Bayley . . .	1772	—45 37	
	Bayley . . .	1775	—45 19	
	Abercrombie . .	1775	—46 26	
	Bayley . . .	1776	—46 30,8	
	Bertrand . . .	1792	—47 25	— 6,5
Isle de France	Mannevillette .	1751	—52 52	
	La Caille . . .	1754	—52 17	
	Duperrey . .	1824	—53 51,2	— 1,35

Digitized by Google

Surabaya, Insel Java	Dentrecasteaux .	1793	—25° 40′	
	Duperrey . . .	1824	—26 46	— 2′,1
Amboina	Dentrecasteaux .	1793	—20 37	
	Duperrey . . .	1823	—20 51	— 0,45
Cayeli, Insel Bourou	Dentrecasteaux .	1793	—20 30	
	Duperrey . . .	1823	—20 8,4	+ 0,7
Macao	Cook	1779	+27 1	
	Malaspina . . .	1791	+27 55	+ 4,5
Manilla	Le Gentil . . .	1766	+11 45	
	La Perouse . .	1787	+11 5	
	Malaspina . . .	1792	+10 40	
	Lütke	1828	+16 0	+ 5,0
Otaheiti	Cook	1773	—29 43	
	Cook	1774	—29 59	
	Bayly	1777	—29 47,4	
	Duperrey . . .	1823	—30 35,7	
	Erman	1830	—30 29,5	— 0,8

Petropaulowsk	Cook	1779	+63° 5′	
	Lütke	1828	+64 1,4	
	Erman	1829	+63 54,5	+ 1′,0
Unalaschka	Bayly	1778	+69 10	
	Kotzebue . . .	1817	+68 45	
	Lütke	1828	+68 22	— 0,9
Nutka	Cook	1778	+72 32	
	Malaspina . . .	1791	+70 20,7	
	Vancouver . .	1793	+73 56	

Aus

Digitized by Google

Aus obigen Beobachtungen folgt, daſs die jährliche Abnahme der Neigung in *Stockholm* und *Petersburg* etwas gröſser als in *Christiania* zu seyn scheint; doch ist die zwischen beiden Beobachtungen verflossene Anzahl Jahre zu gering, als daſs man mit Sicherheit behaupten könnte, daſs dieses Resultat richtig sey. Ferner leuchtet ein, daſs längs den Küsten Südamerika's die südliche Neigung bedeutend abnimmt. In einiger Entfernung von den Küsten Südamerika's, ungefähr im Meridiane 10° westl. Ferro, trifft man einen Punkt, wo die Neigung unveränderlich ist. Bei den Inseln Ascension, St. Helena und dem Vorgebirge der guten Hoffnung nimmt die südliche Neigung wieder beträchtlich zu. Dieses Wachsthum wird weiter gen Osten geringer, und verschwindet endlich bei den Sunda-Inseln. Zwischen Amboina und dem Meridiane 145° westl. Ferro nimmt die südliche Neigung ab, bei Otaheiti wieder zu; in der übrigen Ausdehnung des Südmeeres, gerade bis an die Küsten Südamerika's, ist sie abnehmend. Endlich ist es ziemlich entschieden, daſs die nördliche Neigung wenig zunehmend bei Kamtschatka und wieder abnehmend bei Unalaschka ist. In Nutka sind die Beobachtungen gar zu abweichend von einander, als daſs man aus denselben einen Schluſs ziehen kann. An einzelnen Orten, wo drei oder mehrere Beobachtungen in verschiedenen Jahren gemacht sind, habe ich auch gesucht, Interpolationen zu finden, von welchen hier zur Probe folgende mitgetheilt werden:

Ort.	Jahr.	Neigung.	
Rio Janeiro	$1751+t$	$-20°$	$0'-2',877\,t+0',09788\,t^2$
Talcahuano	$1710+t$	-55	$30-5,551\,t+0,09573\,t^2$
Ascension	$1754+t$	$+11$	$12-5,727\,t-0,02880\,t^2$
Cap der gut. Hoffnung	$1751+t$	-43	$0-9,075\,t+0,06359\,t^2$
Manilla	$1766+t$	$+11$	$45-6,205\,t+0,16620\,t^2$
Otaheiti	$1773+t$	-29	$43-2,545\,t+0,03015\,t^2$

Digitized by Google

Diese Formeln geben folgende Resultate, von welchen bloſs No. 4. und 6. einigen Grad von Wahrscheinlichkeit zu haben scheinen:

1.	*Rio Janeiro*	1766	Maximum	=−20° 21′,1
2.	*Talcahuana*	1739	Maximum	=−56 50,4
3.	*Ascension*	1655	Maximum	=+15 54,8
4.	*Capd.g. Hoffnung*	1822	Maximum	=−48 23,8
5.	*Manilla*	1785	Minimum	=+10 47,1
6.	*Otaheiti*	1815	Maximum	=−30 36,7

Jährliche Veränderung.

Jahr.	Ascension.	Cap.	Otaheiti.	Manilla.
1760	− 6′,07	−7′,93		
1770	− 6,65	−6,66		− 4′,87
1780	− 7,22	−5,39	−2′,12	− 1,55
1790	− 7,80	−4,11	−1,52	+ 1,77
1800	− 8,38	−2,84	−0,92	+ 5,09
1810	− 8,95	−1,57	−0,32	+ 8,41
1820	− 9,53	−0,30	+0,28	+11,73
1830	−10,10	+0,97	+0,88	+15,05

Deutlicher übersieht man die Veränderungen des Neigungssystemes auf der Karte Tafel V., welche auf Rümker's, Duperrey's, Lütke's, Erman's und King's Beobachtungen zwischen 1822 und 1830 gegründet ist. Die Linien für 1780 sind aus meiner älteren Karte genommen. Man sieht, daſs mitten durch das atlantische Meer, etwa bei dem Meridiane 10° westl. Ferro, eine Linie von Norden nach Süden geht, in welcher alle Neigungslinien desselben Namens für 1780 und 1827 einander schneiden, und wo also die Neigung zwischen diesen zwei Jahren unverändert geblieben ist. An der östlichen Seite dieser Linie haben sich die Linien gen Norden, an der westlichen gen Süden bewegt; d. i. auf der östlichen Seite hat die nördliche Neigung abgenommen, die südliche zugenommen, auf der westlichen umgekehrt, die nördliche zugenommen, die südliche abgenommen. Zwei au-

Digitized by Google

dere Linien, in welchen die gleichnamigen Neigungslinien einander schneiden, findet man im Südmeere in der Länge 120° und 145° westlich; und eine oder zwei ähnliche Linien in dem indischen Meere zwischen den Meridianen 80 und 120°. Zwischen den Meridianen 10° westl. und 120° westl, also im westlichen Theile des atlantischen Meeres, ganz Amerika und dem östlichen Theile des Südmeeres, haben sich alle Neigungslinien gen Süden, zwischen den Meridianen 10° westl. und 120° östl., also im östlichen Theile des atlantischen Meeres, ganz Europa, Afrika und dem gröſsten Theile des indischen Meeres, gen Norden bewegt. Zwischen den Meridianen 120° und 145° westlich haben sich die Linien gen Norden, und zwischen den Meridianen 145° westl. und 120° östl. gen Süden bewegt. Man sieht, daſs alle Neigungslinien ihre Form beträchtlich verändert haben; so schneidet die Linie ohne Neigung an der Westküste Afrika's jetzt den Aequator unter einem weit gröſseren Winkel als 1780. Die Vorstellung, daſs diese Linie ihre Form unverändert behalte, aber bloſs eine translatorische Bewegung von Osten nach Westen habe, wodurch einige Physiker der neueren Zeit geglaubt haben, alle Veränderungen im Neigungssysteme und zum Theil auch im Abweichungssysteme erklären zu können, ist also falsch. Ueberhaupt ist diese Erklärung nichts anderes, als eine Tautologie; wenigstens sagt sie uns nichts anderes, als, da sich die Neigung in der Nähe des Aequators verändert, ist es wahrscheinlich, daſs sie sich auch an anderen Orten verändere. Die Wahrheit ist, daſs jede Neigungslinie vier Punkte hat, zwischen welchen sie eine schlangenförmige Bewegung annimmt, so daſs sich die zwischen denselben liegenden Stücke abwechselnd gen Norden und gen Süden bewegen; die gröſste Bewegung gen Süden herrscht in Amerika im Meridiane 40° westl., und die gröſste gen Norden im Meridiane 40° östl. in Afrika und Europa. Bemerkenswerth ist ferner der Meridian 70° westl., wo die Linien nahe am

Digitized by Google

Aequator fast keine Bewegung zu haben scheinen, während sie sich in der südlichen Halbkugel etwas gen Süden, und in der nördlichen vielleicht etwas gen Norden bewegt haben. Diese geschlängelte Bewegung der Neigungslinien läſst sich aus der bekannten Bewegung der vier Magnetpole leicht erklären. Jede Neigungslinie hat, zumal in der Nähe der Pole, eine doppelte Biegung gegen den Aequator, auf der nördlichen Halbkugel in Nordamerika und im Meridiane von *Irkutzk*, auf der südlichen im indischen Meere und im Südmeere etwas westlich von Südamerika. Da sich nun die nördlichen Magnetpole nach Osten, die südlichen nach Westen bewegen, so müssen diese vier Biegungen auch ihre Lage in denselben Richtungen verändern. Denkt man sich eine Ebene senkrecht auf eine der Magnetaxen durch ihren Indifferenzpunkt, so könnte diese der *Aequator* dieser Axe benannt werden. Ginge diese Ebene zugleich durch den Mittelpunkt der Erde, so würde, wenn es nur Eine Magnetaxe gäbe, die Neigungsnadel in dieser Ebene horizontal seyn. Denkt man sich einen ähnlichen Aequator zu der andern Magnetaxe, so werden diese zwei Aequatorflächen einander in einem Diameter schneiden, an dessen Endpunkten die Neigungsnadel horizontal seyn muſs. Alle andere Punkte der Linie ohne Neigung müssen zwischen diesen zwei Ebenen doch der Aequatorialebene der stärkeren Axe näher liegen. Sie muſs also eine Linie von doppelter Krümmung werden, deren verschiedene Biegungen sich verändern müssen, wenn die vier Pole ihre relative Lage ändern. Aus der Bewegung des sibirischen Poles gen Osten erhellt ebenfalls, warum die Inclination in Europa und Sibirien bis zum Meridian von *Irkutzk* abnimmt, und von *Irkutzk* bis *Kamtschatka* zunimmt. Aus der Bewegung des amerikanischen magnetischen Nordpoles gen Osten folgt, daſs die Inclination auf der Nordwestküste Amerika's abnehmen, in Grönland zunehmen, irgendwo im atlantischen Meere zwischen Ame-

Digitized by Google

rika und Europa ohne Veränderung bleiben, und endlich in Europa wieder in Kurzem zuzunehmen anfangen müsse. Aus der Bewegung der zwei südlichen Magnetpole nach Westen folgt ebenfalls, daſs die südliche Neigung bei Neuholland und östlich von den Sunda-Inseln abnehmen, beim Cap der guten Hoffnung zunehmen, bei Südamerika abnehmen und bei Otaheiti zunehmen müsse. Alle diese nothwendigen Folgen der bekannten Bewegungen der Magnetpole stimmen völlig mit der Erfahrung überein, und werden sich durch fortgesetzte und bessere Beobachtungen noch mehr bestätigen.

C. Die magnetische Intensität.

An einem andern Orte habe ich gezeigt, daſs, wenn die magnetische Intensität gesetzt wird $=F$, die Neigung $=i$, eine gewisse Anzahl horizontaler Schwingungen einer Magnetnadel, deren Kraft unveränderlich ist, $=T$, und man dieselben Gröſsen an einer andern Stelle der Erdoberfläche, oder an derselben Stelle, aber zu einer andern Zeit, mit $F_{,}$, $i_{,}$ und $T_{,}$ bezeichnet, immer für diese unveränderliche Nadel ist:

$$F\,T^2 \cos i = F_{,}\,T_{,}^2 \cos i_{,},$$

also:

$$\frac{F_{,}}{F} = \frac{T^2 \cos i}{T_{,}^2 \cos i_{,}},$$

Hiedurch kann also die Veränderung der Intensität gefunden werden. In *Christiania* habe ich mit meinem unveränderlichen Cylinder 1820 11 Mal die Zeit von 300 horizontalen Schwingungen beobachtet, und durch Mittel dieselbe gefunden $=814'',50$ (*Ann. der Phys. Bd. III. S.* 388.). Bei diesen Beobachtungen ist die Temperatur nicht aufgezeichnet; da aber von diesen Beobachtungen eine im Mai, zwei im Juli, drei im September, drei im October und zwei im December gemacht sind, so ist es wahrscheinlich, daſs die mittlere Temperatur bei diesen

Digitized by Google

Beobachtungen etwas gröſser als *Christiania's* mittlere Temperatur seyn müsse. Ich habe sie angenommen $=+7^{\circ},5$ R., was wohl kaum um einen ganzen Grad fehlerhaft ist. Im Jahre 1830 habe ich mit derselben Nadel die Zeit von 300 Schwingungen, reducirt zur Temperatur $+7^{\circ},5$ R., durch Mittel aus sechs Beobachtungen Vormittags und Nachmittags $=816'',52$ gefunden. Ferner war die Inclination 1820 $=72^{\circ}\ 42',6$, 1830 $=72^{\circ}\ 7',0$. Setzt man also:

für 1820, $T=814'',50$, $i=72^{\circ}\ 42',6$

für 1830, $T_{,}=816\ ,52$, $i_{,}=72\quad 7\ ,0$

so findet man:

$$\frac{F_{,}}{F}=0{,}96305,$$

oder:

$$\frac{F-F_{,}}{F}=0{,}03695,$$

d. i. wenn die Intensität F 1820 als Einheit angenommen wird, so ist die Abnahme in 10 Jahren $=0{,}03695$, also jährlich $=0{,}003695$. Aus der bekannten Bewegung der Magnetaxen erhellt, daſs die Intensität in ganz Europa und dem nördlichen Asien bis zum Meridiane von Irkutzk abnehmen, zwischen Irkutzk und Kamtschatka zunehmen, an der Westküste Nordamerika's abnehmen, in Grönland und Island zunehmen muſs. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird sie bald wieder in Europa zuzunehmen anfangen. In der südlichen Kugel muſs sie bei Van Diemens Land abnehmen, auf Isle de France zunehmen, auf dem Feuerlande abnehmen und auf Otaheiti zunehmen. Die Gröſse dieser Veränderungen an den erwähnten Orten auszumitteln, ist eine wichtige Aufgabe, die aber nur geübten Beobachtern anvertraut werden kann.

(Wird vom Verfasser fortgesetzt.)

Digitized by Google

II. *Ueber die Verbindungen des Chlors mit dem Schwefel, dem Selen und dem Tellur;* *von Heinrich Rose.*

1) Verbindungen des Chlors mit dem Schwefel.

In fast allen Lehrbüchern der Chemie giebt man an, daſs der Chlorschwefel der unterschweflichten Säure analog zusammengesetzt sey, und daher aus 1 At. Schwefel, verbunden mit einem Doppelatom Chlor, oder aus 31,25 Theilen Schwefel und 68,75 Th. Chlor bestehe. Diese Annahme wurde in neueren Zeiten vorzüglich durch eine Analyse des Chlorschwefels von Dumas gerechtfertigt, der denselben in zwei Versuchen folgendermaſsen zusammengesetzt fand *):

	I.	II.
Chlor	71,67	69,22
Schwefel	30,00	30,72
	101,67	99,94.

Dumas leitete die Dämpfe einer gewogenen Menge von Chlorschwefel über glühende Drehspähne von Eisen und Kupfer, und bestimmte die Menge des entstandenen Schwefel- und Chlormetalls, — eine Methode, die, da man weit einfachere anwenden kann, wohl nicht zweckmäſsig ist. Es scheint übrigens, als wenn Dumas nicht Rücksicht auf die gehörige Reinigung des untersuchten Chlorschwefels genommen hat.

Als ich vor einiger Zeit die Verbindungen der flüchtigen Chlormetalle mit Ammoniak untersuchte, und bei der Analyse des Chlorschwefel-Ammoniaks die allgemein angenommene eben angeführte Zusammensetzung des Chlorschwefels bei der Berechnung zu Grunde legte, erhielt

*) Diese Ann. Bd. IV. S. 474.

Digitized by Google

ich einander so widersprechende Resultate, daſs mir jene Zusammensetzung unmöglich richtig erscheinen konnte.

Wird der Chlorschwefel auf die Weise bereitet, daſs man einen Strom von trocknem Chlorgas in Schwefel so lange leitet, bis derselbe noch nicht vollständig aufgelöst worden ist, und darauf den abgegossenen flüssigen Chlorschwefel bei sehr gelinder Hitze von überschüssig aufgelöstem Schwefel abdestillirt, so erhält man einen Chlorschwefel, der weder überschüssiges Chlor, noch überschüssigen Schwefel enthält, und immer von denselben Eigenschaften und derselben Zusammensetzung ist.

Die beste Methode der Analyse desselben schien mir die zu seyn, ihn unter den gehörigen Vorsichtsmaſsregeln mit rauchender Salpetersäure zu behandeln. Er löst sich in derselben sehr leicht, in kurzer Zeit, schon in der Kälte, und gewöhnlich ohne Schwefelrückstand auf. Das Abwägen des Chlorschwefels geschah in einer kleinen Glaskugel von dünnem Glase mit einem langen Halse, der in eine sehr feine Spitze endigte. Diese Glaskugel wurde erst leer, und dann, nachdem man sie nach erfolgter Erwärmung in Chlorschwefel getaucht hatte, mit demselben gefüllt gewogen. Sie wurde darauf in eine Flasche mit gut eingeriebenem Glasstöpsel gebracht, welche rauchende Salpetersäure enthielt. Durch Schütteln zerbrach die Glaskugel, und der Chlorschwefel löste sich in der Säure auf. Nach gehöriger Verdünnung mit Wasser wurde die entstandene Schwefelsäure durch eine Auflösung von Chlorbaryum gefällt.

Ich erhielt in einem Versuche aus 1,377 Grm. Chlorschwefel 4,755 Grm. schwefelsaurer Baryterde, und in einem andern Versuche aus 1,691 Grm. Chlorschwefel, der zu einer andern Zeit bereitet worden war, 5,798 Grm schwefelsaurer Baryterde.

Nach diesen beiden Versuchen ist die Zusammensetzung des Chlorschwefels folgende:

	I.	II.
Chlor	52,38	52,70
Schwefel	47,62	47,30
	100,00	100,00.

Diefs entspricht einer Verbindung von einem Atom Schwefel mit einem einfachen Atom Chlor, welche der Berechnung nach in 100 besteht aus:

Chlor	52,39
Schwefel	47,61
	100,00.

Da indessen diese Zusammensetzung so sehr von der von Dumas angegebenen abweicht, so bestimmte ich auch die Menge des Chlors im Chlorschwefel, was indessen nicht mit derselben Genauigkeit, wie die Bestimmung des Schwefels, geschehen kann. 1,402 Grm. Chlorschwefel wurden in einer Flasche mit fest eingeriebenem Stöpsel durch Wasser zersetzt. Die vollständige Zersetzung geschieht, selbst in gelinder Wärme, wie man diefs schon oft bemerkt hat, sehr schwer und erst nach langer Zeit. Nach 10 Tagen, nachdem sich der ausgeschiedene Schwefel ziemlich gut abgesetzt hatte, wurde er auf einem gewogenen Filtrum filtrirt. Obgleich die Flüssigkeit durch etwas Schwefelsäure sauer gemacht worden war, so lief doch im Anfange der Schwefel noch milchicht durch's Filtrum; durch wiederholte Filtration konnte indessen die filtrirte Flüssigkeit klar erhalten werden. Als aber zu derselben, um die Chlorwasserstoffsäure zu fällen, eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd gesetzt wurde, so entstand dadurch noch ein brauner Niederschlag, weil, ungeachtet der langen Einwirkung des Wassers auf den Chlorschwefel, in der Flüssigkeit noch nicht zersetzte unterschweflichte Säure enthalten war. Die erhaltene Mengung von Chlorsilber und Schwefelsilber wurde längere Zeit mit Salpetersäure von einer solchen Stärke digerirt,

Digitized by Google

daſs sie wohl endlich das Schwefelsilber oxydiren, aber nicht das Chlorsilber angreifen konnte. Von letzterem erhielt ich 3,011 Grm. Nach dieser Analyse enthält also der Chlorschwefel 52,98 Procent Chlor, was mit der berechneten Zusammensetzung zwar nicht ganz, aber doch hinlänglich übereinstimmt.

Da es indessen sehr gut möglich seyn konnte, daſs der Schwefel sich mit noch einmal so viel Chlor zu einer Verbindung nach einem bestimmten Verhältniſs verbinden konnte, wodurch allein die Nichtübereinstimmung der Analysen von Dumas und von mir erklärt werden konnte, so leitete ich trocknes Chlorgas durch Chlorschwefel. Ich hatte diesen Versuch schon vor mehreren Jahren, ohne den erwarteten Erfolg zu erhalten, angestellt *). Auch jetzt erhielt ich dasselbe Resultat wie früher. Der Chlorschwefel absorbirte Chlorgas, aber ohne dadurch eine andere Veränderung zu erleiden, als daſs es etwas brauner wurde. Ein solcher mit Chlor gesättigter Chlorschwefel gab bei der Analyse vermittelst rauchender Salpetersäure 36,04 Proc. Schwefel, und nicht 31,25 Procent, wie eine Verbindung von einem Atom Schwefel mit einem Doppelatom Chlor enthalten muſs. Es scheint mir also hieraus hervorzugehen, daſs, wenn der analysirte Chorschwefel wirklich mit Chlor möglichst gesättigt war, der Chlorschwefel Chlor auflöst, ohne eine chemische Verbindung damit zu bilden, wie dieſs beim Titanchlorid und bei andern flüssigen Chlorverbindungen der Fall ist. Dennoch ist es nicht unwahrscheinlich, daſs es noch höhere Chlorstufen des Schwefels giebt; ich glaube indessen, daſs diese nicht durch Behandlung des Chlorschwefels mit freiem Chlor erhalten werden können.

Es ist bekannt, daſs der Chlorschwefel sehr viel Schwefel auflöst, und daſs in vielen Lehrbüchern diese Auflösung, von der man annimmt, daſs sie noch einmal so viel Schwefel, als der Chlorschwefel enthält, für eine

*) Diese Annal. Bd. III. S. 447.

Digitized by Google

besondere Chlorverbindung gehalten wird. Die allgemeine Annahme ist daher, daſs sie aus einem Atom Schwefel und einem einfachen Atome Chlor bestehe; aber da dieſs nach meinen so eben angeführten Analysen die Zusammensetzung für den Chlorschwefel ist, wenn derselbe keinen überschüssigen Schwefel enthält, so muſste jene Auflösung aus 2 Atomen Schwefel, verbunden mit 1 At. Chlor, oder im Hundert aus 64,51 Th. Schwefel und 35,49 Th. Chlor bestehen. Eine solche Verbindung nach einem bestimmten Verhältniſs schien mir aber aus dem Grunde nicht wahrscheinlich zu seyn, weil der Chlorschwefel in der Hitze so viel Schwefel auflöst, daſs er damit eine syrupartige Flüssigkeit bildet, aus welcher nicht bloſs durch's Erkalten überschüssiger Schwefel krystallisirt sich abscheidet, sondern in welcher auch die Abscheidung der Schwefelkrystalle mehrere Wochen hindurch fortfährt.

Ich lieſs Chlorschwefel einige Tage hindurch mit überschüssigem Schwefel bei der gewöhnlichen Temperatur stehen. Ersterer erlitt dadurch keine andere Veränderung, als daſs er eine hellgelbe Farbe annahm. Bei der Analyse vermittelst rauchender Salpetersäure ergab sich, daſs diese Flüssigkeit 66,74 Proc. Schwefel enthielt. Die durch die Kälte bewirkte Auflösung des Schwefels in Chlorschwefel erhielt daher schon viel mehr Schwefel, als sich aus der berechneten Zusammensetzung einer Verbindung aus 2 Atomen Schwefel und einem Atom Chlor ergiebt. Es scheint also hieraus hervorzugehen, daſs die Auflösung des Schwefels im Chlorschwefel nach keinem bestimmten Verhältniſs erfolge.

Wir kennen daher bis jetzt nur eine Verbindung des Schwefels mit dem Chlor nach einem bestimmten Verhältniſs.

Unter den flüchtigen Chlorverbindungen ist mir auſser Selenchlorür keine bekannt, welche so wenig Atome Chlor enthält, wie der Chlorschwefel. Dieſs ist vielleicht die

Digitized by Google

Ursache, warum der Chlorschwefel mit flüchtigen Chloriden, die viel Chlor enthalten, wie mit dem Titan- und Zinnchlorid *), krystallisirte Verbindungen bildet, in denen er der Zusammensetzung nach der basische Bestandtheil zu seyn scheint.

Wird der Chlorschwefel durch Wasser zersetzt, so bildet er unter Ausscheidung von Schwefel zuerst unterschweflichte Säure, wie dieſs aus dem Verhalten der zersetzten Flüssigkeit zu einer Silberoxydauflösung hervorzugehen scheint, was schon oben bemerkt wurde. Diese Säure zersetzt sich dann ferner durch's Wasser auf die bekannte Weise. — Es folgt aber aus der angeführten Zusammensetzung des Chlorschwefels, daſs nicht, wie man bis jetzt angenommen hat, die Hälfte seines Schwefelgehalts bei der Zersetzung vermittelst Wasser, wenn dieselbe vollendet ist, als Schwefel sich abscheidet, und die andere Hälfte als schweflichte Säure entweicht, sondern daſs dabei $\frac{3}{4}$ des Schwefelgehalts sich als Schwefel abscheiden, und $\frac{1}{4}$ des Schwefels als schweflichte Säure entweicht. Bei der oben angeführten Zersetzung von 1,402 Grammen Chlorschwefel vermittelst Wasser, erhielt ich 0,389 Grm. Schwefel, also schon weit mehr als die Hälfte des Schwefelgehalts des Chlorschwefels; — die Zersetzung der entstandenen unterschweflichten Säure war indessen noch nicht vollendet, denn die vom Schwefel abfiltrirte Flüssigkeit erzeugte mit Silberoxydauflösung noch viel Schwefelsilber.

Zusammensetzung der unterschweflichten Säure.

Es muſs auffallend erscheinen, daſs die einzige bekannte Verbindung des Schwefels mit dem Chlor keiner der bekannten vier Oxydationsstufen des Schwefels, nicht einmal der niedrigsten derselben, der unterschweflichten Säure, entspricht, da doch fast immer eine groſse Analogie in den Sauerstoffverbindungen und in den Chlorver-

*) Diese Annal. Bd. XVI. S. 67.

Digitized by Google

bindungen eines einfachen Körpers herrscht. Es müſste sich Jedem unwillkührlich die Vermuthung aufdrängen, daſs, da der Chlorschwefel bei seiner Zersetzung durch Wasser erst unterschweflichte Säure giebt, die sich dann ferner zersetzt, die Zusammensetzung dieser Säure in den Lehrbüchern nicht richtig angegeben ist, wenn nicht die Angabe, daſs jene Säure aus gleichen Atomen Schwefel und Sauerstoff bestände, von Gay-Lussac herrührte. Da ich indessen in den älteren Zeitschriften nicht finden konnte, auf welche Weise Gay-Lussac sich von dieser Zusammensetzung überzeugt hat, so habe ich, was freilich überflüssig erscheinen kann, die unterschweflichte Säure einer neuen Analyse unterworfen.

Wird die unterschweflichtsaure Säure in einem neutralen Salze vollkommen oxydirt, so erzeugt sich noch einmal so viel Schwefelsäure, als die Base zu einem neutralen schwefelsauren Salze sättigen kann. Diese Angabe, die in einigen Lehrbüchern der Chemie angegeben ist, fand ich bestätigt. Ich schmolz vorsichtig 1,038 Grm. unterschwefelsaurer Baryterde mit salpetersaurem Kali, das mit kohlensaurem Natron gemengt war, um die Einwirkung weniger heftig zu machen. Die mit Wasser und einem Ueberschusse von Chlorwasserstoffsäure behandelte Masse hinterlieſs 0,916 Grm. schwefelsaure Baryterde ungelöst. Die abfiltrirte Flüssigkeit mit einer Auflösung von Chlorbaryum versetzt, gab 0,920 Grm. schwefelsaure Baryterde. Man kann wohl annehmen, daſs diese beiden Mengen von schwefelsaurer Baryterde sich gleich sind, und daſs daher in einem neutralen unterschweflichten Salze zwei Atome Schwefel in der Säure enthalten sind.

Um zu sehen, ob diese beiden Atome Schwefel in der unterschweflichten Säure mit zwei Atomen oder nur mit einem Atome Sauerstoff verbunden sind, in welchem letzteren Falle die Säure eine dem Chlorschwefel analoge Zusammensetzung hätte, behandelte ich unterschweflichtsaure Salze beim Ausschluſs der Luft in der Hitze,

Digitized by Google

um aus dem Verhältniſs des entstandenen Schwefelmetalls und des schwefelsauren Salzes die Zusammensetzung der Säure zu berechnen. Ich erhielt aber hierbei Resultate, die ich erst erklären konnte, als ich die Zusammensetzung der Säure auf eine andere Weise gefunden hatte.

Die scheinbar einfachste Methode, um die Zusammensetzung der Säure zu finden, wäre gewesen, die Menge des Schwefels, oder die der schweflichten Säure zu bestimmen, in welche bei der Zersetzung der Auflösung eines unterschweflichtsauren Salzes vermittelst einer Säure die Säure desselben zerfällt. Da aber die vollständige Zersetzung der unterschweflichten Säure auf diese Weise langsam von statten geht, und die Bestimmung der schweflichten Säure mit Schwierigkeiten verknüpft ist, so benutzte ich die Eigenschaft der unter schweflichtsauren Salze, die Salze mehrerer Metalloxyde, deren Metalle eine schwache Verwandtschaft zum Sauerstoff haben, in ein Schwefelmetall und ein schwefelsaures Salz zu verwandeln. Ich vermischte daher die Auflösung einer ungewogenen Menge von unterschweflichtsaurem Natron mit einer verdünnten Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd, doch so, daſs letztere in einem ziemlich groſsen Ueberschuſs vorhanden war. Nachdem das Ganze erwärmt, und die Zersetzung vollständig geschehen war, wurde aus der vom Schwefelsilber abfiltrirten Flüssigkeit die Schwefelsäure durch eine Auflösung von salpetersaurer Baryterde gefällt. Ich erhielt 1,017 Grammen schwefelsaurer Baryterde. Das erhaltene Schwefelsilber wurde ferner durch rauchende Salpetersäure vollständig oxydirt, und dann die oxydirte Masse in Wasser aufgelöst. Aus der Auflösung wurden, vermittelst Chlorwasserstoffsäure 1,149 Grm. Chlorsilber erhalten; die davon abfiltrirte Flüssigkeit mit einer Auflösung von Chlorbaryum versetzt, gab 0,999 Grm. schwefelsaure Baryterde, welche Menge der fast gleich kommt, die durch Fällung der Schwefelsäure erhalten wurde, welche durch

die Zersetzung der unterschweflichten Säure entstand. Das erhaltene Schwefelsilber bestand also aus 0,865 Grm. Silber und 0,137 Grm. Schwefel, hatte also, bis auf kleine Abweichungen, die Zusammensetzung des gewöhnlichen Schwefelsilbers, und enthielt auch eben so viel Schwefel, als die durch die Zersetzung der unterschweflichten Säure entstandene Schwefelsäure. Daſs die Menge der letztern durch den Versuch etwas gröſser gefunden wurde, rührt offenbar wohl davon her, daſs bei der Zersetzung die Salpetersäure des angewandten Silberoxydsalzes, obgleich die Auflösung desselben ziemlich verdünnt angewandt wurde, beim Erhitzen oxydirend auf das erhaltene Schwefelsilber wirkte, wodurch die Menge der entstandenen Schwefelsäure vermehrt wurde. Nimmt man an, daſs die Schwefelmengen im entstandenen Schwefelsilber und in der entstandenen Schwefelsäure gleich sind, was wohl keinem Zweifel unterliegen möchte, so enthält die unterschweflichte Säure auf zwei Atome Schwefel auch zwei Atome Sauerstoff, und die Hälfte des Schwefels der unterschweflichten Säure wurde auf die Weise in Schwefelsäure verwandelt, daſs er sich mit dem ganzen Sauerstoffgehalt der unterschweflichten Säure und dem Sauerstoff des in Schwefelsilber verwandelten Silberoxyds verband.

Die Zusammensetzung der unterschweflichten Säure, wie man sie in allen Lehrbüchern nach Gay-Lussac angenommen hat, ist also die richtige. Ihre Sättigungscapacität beträgt die Hälfte ihres Sauerstoffgehalts.

Es scheint, als wenn die unterschweflichtsauren Salze alle Krystallisationswasser enthalten müſsten. Das von ihnen, welches die geringste Menge davon enthält, scheint die unterschweflichtsaure Baryterde zu seyn. Aus den oben angeführten mit diesem Salze angestellten Versuchen geht hervor, daſs dasselbe 1 Atom Krystallisationswasser oder 6,73 Proc. enthält, dessen Sauerstoffgehalt

Digitized by Google

der Hälfte des Sauerstoffgehalts der Säure gleich kommt. Die berechnete Zusammensetzung dieses Salzes im Hundert ist also folgende:

Schwefel in der unterschweflichten Säure	24,07
Sauerstoff in der unterschweflichten Säure	11,96
Baryterde	57,24
Sauerstoff im Wasser	5,98
Wasserstoff im Wasser	0,75.
	100,00.

Betrachtet man einen Atom von Krystallisationswasser als zur Zusammensetzung der unterschweflichtsauren Salze gehörig, so könnte man sie sich aus einem Atom eines neutralen schwefelsauren Salzes und einem Atom Schwefelwasserstoff bestehend denken; eine Ansicht, die jedoch nicht durch das Verhalten derselben bei erhöhter Temperatur bestätigt wird. Denn obgleich sich, wenn unterschweflichtsaure Salze beim Ausschluſs der Luft erhitzt werden, Schwefelwasserstoffgas entwickelt und ein schwefelsaures Salz bildet, so sind dieſs nicht die Producte allein, die sich bei dieser Zersetzung bilden. Selbst wenn das Salz nur einen Atom Krystallisationswasser enthält, wie die unterschweflichtsaure Baryterde, so entweicht auſser etwas Schwefelwasserstoffgas immer Wasser, es sublimirt sich Schwefel, und in der Retorte bleibt ein Gemenge von einem schwefelsauren Salze und einem Schwefelmetall zurück. Ich habe mehrere Versuche angestellt, um nach der Zersetzung der unterschweflichtsauren Baryterde das Verhältniſs der erzeugten schwefelsauren Baryterde zum entstandenen Schwefelbaryum zu bestimmen, aber Resultate erhalten, die sehr von einander abweichen. Bei diesen Versuchen wurde der Zutritt der atmosphärischen Luft sehr gut abgehalten, so daſs der Sauerstoff derselben nicht auf die Resultate der Versuche Einfluſs haben konnte. Während der Erhitzung wurde das Schwefelwasserstoffgas über Quecksilber aufgefangen; nach

der

der Zersetzung wurde der Hals der Retorte zugeschmolzen, und nach der gänzlichen Erkaltung das Schwefelbaryum durch kochendes luftfreies Wasser von der schwefelsauren Baryterde getrennt. Aus der Auflösung des Schwefelbaryums wurde darauf durch Schwefelsäure schwefelsaure Baryterde gefällt.

Die Resultate von vier Versuchen ergeben sich aus folgender Tabelle:

Anzahl der Versuche.	Mengen der angewandten unterschweflichtsauren Baryterde.	Mengen der darin enthaltenen Baryterde der Berechnung nach.	Mengen der Baryterde in der bei der Zersetzung erhaltenen schwefelsauren Baryterde.	Mengen d. Baryterde in der durch Zersetzung des Schwefelbaryums erhaltenen schwefelsaur. Baryterde.
I.	3,418 Grm.	1,956 Grm.	1,755 Grm.	0,225 Grm.
II.	2,233	1,278	0,682	0,596 *
III.	4,351	2,490	2,323	0,217
IV.	3,923	2,245	2,112	0,161

Nur bei dem zweiten Versuche wurde die dem Schwefelbaryum entsprechende Menge Baryterde, die mit einem Sternchen bezeichnet worden ist, nicht durch einen Versuch, sondern durch den Verlust bestimmt. Bei jedem der drei übrigen Versuche sieht man, daſs die beiden Mengen der bestimmten Baryterde etwas gröſser sind, als die Quantität derselben, die der Berechnung nach im Salze enthalten ist. Der Grund davon ist wohl offenbar der, daſs das angewandte Salz auſser dem Krystallisationswasser noch etwas Feuchtigkeit enthielt.

Es ergiebt sich aber aus diesen Resultaten, daſs bei der Zersetzung der unterschweflichtsauren Salze durch die Hitze die dabei erzeugten Producte bei den verschiedenen Versuchen in sehr verschiedenen Verhältnissen erhalten werden. Unstreitig hängt es von der Leitung der Erhitzung ab, welches Verhältniſs der erzeugten Producte sich bildet. Da auſser dem schwefelsauren Salze und

Digitized by Google

dem Schwefelmetall sich auch noch Schwefelwasserstoff bildet, Schwefel sublimirt und ein Theil des Krystallisationswassers unzersetzt entweicht, also nicht weniger als fünf verschiedene Stoffe entstehen, so sind der Möglichkeiten der Verhältnisse, in welchen sich dieselben verbinden können, sehr viele. In solchen Fällen scheinen immer diese Verhältnisse bei den verschiedenen Versuchen verschieden zu seyn, wenn bei diesen die Erhitzung nicht genau auf dieselbe Weise geschehen ist. Wir sehen dieſs besonders, wenn organische Substanzen durch langsamere oder schnellere Erhitzung beim Ausschluſs der Luft zersetzt werden. Es giebt indessen bei so einfach zusammengesetzten unorganischen Substanzen, wie die unterschweflichtsaure Baryterde ist, wohl kein anderes Beispiel, wo bei der Zersetzung vermittelst höherer Temperatur so viele Producte, und diese in so vielen Verhältnissen entstehen können.

2) Verbindungen des Chlors mit dem Selen.

Die Chlorstufen des Selens sind durch Berzelius Untersuchungen bekannt. Ich will hier nur darauf aufmerksam machen, daſs die niedrigste Chlorstufe des Selens mit dem Chlorschwefel sehr viele Aehnlichkeit hat. Beide sind ölartige flüchtige Flüssigkeiten, haben eine ähnliche, jedoch nicht gleiche Farbe, und bilden bei der Zersetzung vermittelst Wasser Sauerstoffsäuren von entsprechender Zusammensetzung, unter Abscheidung von Schwefel oder Selen. Nach Berzelius hat das flüssige Chlorselen auch eine entsprechende Zusammensetzung wie der Chlorschwefel; es besteht aus gleichen Atomen Selen und Chlor.

Der höchsten Chlorstufe des Selens, welche fest ist, und aus einem Atom Selen, verbunden mit vier Atomen oder zwei Doppelatomen Chlor, besteht, entspricht indessen keine Chlorverbindung des Schwefels.

Digitized by Google

3) Verbindungen des Chlors mit dem Tellur.

a) *Tellurchlorid.* Wird metallisches Tellur sehr mäſsig erwärmt, während ein Strom von Chlorgas darüber geleitet wird, so bildet sich weiſses krystallinisches Tellurchlorid, das überdestillirt werden kann. Es hat Aehnlichkeit mit dem Selenchlorid, ist bei gewöhnlicher Temperatur fest, schmilzt aber bei gelinder Hitze zu einer schwach bräunlichen Flüssigkeit, wird aber beim Erkalten wieder vollständig weiſs; bei höherer Temperatur wird es verflüchtigt. An der Luft raucht es nicht, zieht aber Feuchtigkeit an. Durch Wasser wird es zu einer milchartigen Flüssigkeit zersetzt, indem sich Telluroxyd und Chlorwasserstoffsäure bildet, letztere aber nicht in hinreichender Menge, um das Telluroxyd aufzulösen.

Statt des reinen Tellurs bediente ich mich häufiger zur Bereitung dieses Chlorids des von meinem Bruder vom Altai mitgebrachten Tellursilbers, von dem ich sehr reine Stücke anwandte *).

2,049 Grm. Tellurchlorid mit gehöriger Vorsicht in Wasser aufgelöst, zu welchem eine zur Auflösung des Telluroxyds hinreichende Menge von verdünnter Schwefelsäure gesetzt worden war, gaben, nachdem zur Auflösung eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd gesetzt worden war, 4,330 Grm. Chlorsilber. Die Zusammensetzung des Tellurchlorids im Hundert ist deshalb:

Chlor	52,13
Tellur	47,87
	100,00

was einer Verbindung von einem Atom Tellur mit vier Atomen oder zwei Doppelatomen Chlor entspricht, die der Berechnung nach im Hundert zusammengesetzt ist aus:

*) Diese Annal. Bd. XVIII. S. 64.

Digitized by Google

Chlor	52,33
Tellur	47,67
	100,00.

b) *Tellurchlorür*. Wenn Tellur bei stärkerer Hitze erwärmt wird, während ein schwacher Strom von Chlor darüber geleitet wird, so erhält man eine ganz andere Verbindung. Es destillirt dann eine flüchtige Flüssigkeit von schwarzer Farbe ab, die erkaltet zu einem schwarzen festen Körper erstarrt. Der Dampf dieser Chlorverbindung ist violett wie Joddampf, nur nicht von so intensiver Farbe wie dieser. Die Verbindung raucht nicht an der Luft, wird aber an derselben feucht. Mit Wasser zersetzt, bildet sie eine grauschwarze Flüssigkeit, indem sich aufser Telluroxyd auch metallisches Tellur abscheidet, von denen ersteres wohl zum Theil, letzteres aber gar nicht in der zugleich gebildeten Chlorwasserstoffsäure aufgelöst wird. Wird die Chlorverbindung mit Wasser behandelt, zu welchem eine hinreichende Menge von verdünnter Schwefelsäure gesetzt worden ist, welche das Telluroxyd auflöst, so bleibt blofs schwarzes metallisches Tellur ungelöst zurück.

Die Bereitung dieser Chlorverbindung gelingt beinahe noch besser, wenn man statt des reinen Tellurs natürliches Tellursilber anwendet, das bei einer sehr starken Hitze mit Chlorgas behandelt werden kann, ohne dafs man befürchten mufs, das entstehende Tellurchlorür durch metallisches Tellur zu verunreinigen, da das Tellur in dem Tellursilber durch blofse Erhitzung nicht fortgetrieben werden kann.

Es ist schwer, diese niedrige Chlorstufe des Tellurs ganz frei von Tellurchlorid zu erhalten. Es gelingt nicht einmal vollkommen, wenn sie über reines Tellur destillirt wird. Da das Tellurchlorür etwas flüchtiger als das Tellurchlorid ist, so kann das erstere durch vorsichtige Hitze von letzterem getrennt werden.

Digitized by Google

2,862 Grm. der Chlorverbindung unter der gehörigen Vorsicht mit Wasser behandelt, das verdünnte Schwefelsäure enthielt, hinterlieſsen 0,917 Grm. metallisches Tellur. Die abfiltrirte Flüssigkeit mit einer Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd versetzt, gab 4,382 Grm. Chlorsilber. Die Zusammensetzung dieser Chlorverbindung des Tellurs ist also:

Chlor	37,77
Tellur	62,23
	100,00.

Ich erhielt, als ich dieses Tellurchlorür noch einmal über metallisches Tellur zu destilliren versuchte, bei der Analyse desselben 37,04 Chlor.

Diese Zusammensetzung entspricht, da offenbar in der Chlorverbindung noch Tellurchlorid enthalten war, einer Verbindung von einem Atom Tellur mit zwei Atomen, oder einem Doppelatom Chlor, welche im Hundert der Berechnung nach zusammengesetzt ist aus:

Chlor	35,45
Tellur	64,55
	100,00.

Das Tellurchlorür wird durch das Wasser in Chlorwasserstoffsäure, in Telluroxyd und in metallisches Tellur zersetzt, und zwar beträgt die Menge des letzteren die Hälfte vom Tellurgehalt der Verbindung. Bei der so eben erwähnten Analyse des Tellurchlorürs betrug der Gehalt des durch Wasser ausgeschiedenen metallischen Tellurs 32,04 Procent. Wird eine nicht unbeträchtliche Menge vom Tellurchlorür durch Wasser, das Schwefelsäure enthält, zersetzt, so besteht das ausgeschiedene Tellur aus sehr kleinen krystallinischen Fasern.

Wird Tellurchlorür einem Strome von Chlorgas ausgesetzt, so verwandelt es sich auf der Oberfläche bald in Tellurchlorid. Um indessen eine vollständige Verwand-

Digitized by Google

lung in Tellurchlorid dadurch zu bewirken, muſs dabei von Zeit zu Zeit das Chlorür durch gelinde Hitze erwärmt und geschmolzen werden, wodurch leicht etwas Chlorid verflüchtigt werden kann. 100 Theile des Chlorürs, die 35,45 Theile Chlor aufnehmen müſsten, um in Chlorid verwandelt zu werden, nahmen deshalb nur etwas mehr als 30 Theile Chlor auf.

Obgleich das Tellur durch seinen metallischen Glanz, durch seine, wiewohl schwache Leitungsfähigkeit der Elektricität, vorzüglich aber durch seine Krystallform, welche mit der des Arseniks und des Antimons übereinkommt, von dem Schwefel und dem Selen abweicht, so haben doch in vielen ihrer Verbindungen der Schwefel, das Selen und das Tellur so viele Aehnlichkeit, daſs sie in dieser Beziehung eine ähnliche Gruppe bilden, wie einerseits das Chlor, das Brom und das Jod, und andererseits der Phosphor und das Arsenik. Wir finden aber bei allen Gliedern dieser Gruppen, daſs die Verbindungen derselben mit andern Körpern unter einander oft die gröſste Aehnlichkeit, oft aber gar keine Analogie haben. Die einzige bekannte Verbindung des Schwefels mit dem Chlor ist dem Selenchlorür gleich zusammengesetzt, und hat in seinen chemischen Eigenschaften sehr viele Aehnlichkeit mit demselben, während das Tellurchlorür schon durch seinen Aggregatzustand von beiden sehr abweicht, aber auch eine andere Zusammensetzung als jene hat. Auf der andern Seite hingegen hat das Tellur hinsichtlich seines Chlorids groſse Aehnlichkeit mit dem Selen; es hat auch das Tellurchlorid mit dem Selenchlorid eine analoge Zusammensetzung. Während nun die Aehnlichkeit des Schwefels, Selens und des Tellurs, die sich besonders aus den Verbindungen derselben mit Wasserstoff ergiebt, durch die Verbindungen derselben mit Chlor eine neue

Digitized by Google

Bestätigung erhält, ist es sonderbar, daſs in den Verbindungen dieser Körper mit Sauerstoff nur die höchsten Oxydationsstufen des Schwefels und des Selens, die Schwefelsäure und die Selensäure, groſse Aehnlichkeit mit einander haben, während bei der schweflichten Säure, der selenichten Säure und dem Telluroxyd, die eine analoge Zusammensetzung haben, keine Aehnlichkeit, auch in den Verbindungen derselben mit andern Körpern aufgefunden werden kann. Wir sehen aber etwas Aehnliches bei den Verbindungen des Phosphors und des Arseniks; die Verbindungen dieser Körper mit Wasserstoff und mit Chlor, so wie vorzüglich auch die höchsten Oxydationsstufen derselben, haben bei analoger Zusammensetzung die gröſste Aehnlichkeit, während zwischen der phosphorichten und arsenichten Säure, die ebenfalls analog zusammengesetzt sind, keine Aehnlichkeit, auch hinsichtlich der Verbindungen derselben, aufgefunden werden kann.

III. *Bemerkungen über die Benutzung des schwefelsauren Kupferoxyds und anderer salzartigen Verbindungen beim Brotbacken. Dem Conseil central de salubrité des Norddepartements in Frankreich, im April* 1830, *vorgelegt*

von Hrn. Kuhlmann.

(Aus den *Annales de l'industrie française et étrangère, T. VI. p.* 337., übersetzt vom Hrn. Geheimen Bergrath Frick.)

Der Verfasser mehrmals durch die Gerichtshöfe aufgefordert, Brot, welches verdächtig war, der Gesundheit schädliche Zusätze zu enthalten, durch die chemische Analyse zu prüfen, hat dabei Gelegenheit gehabt eine Menge Erfahrungen über die nachtheiligen Beimischungen des

Digitized by Google

Brotes zu sammeln, die er sich beeilt bekannt zu machen, in der Hoffnung, daſs Personen, die in der Folge ähnliche Untersuchungen anzustellen haben, dadurch eine Menge vorläufiger Proben ersparen dürften, und vor Allem, daſs dadurch die Aufmerksamkeit der Behörden auf einen Gegenstand von so groſsem und unmittelbarem Interesse für die ganze menschliche Gesellschaft hingezogen werde.

Um die Sache in einer gewissen Ordnung vorzutragen, ist der Vortrag in zwei Abtheilungen getheilt worden.

In der ersten Abtheilung werden in einigen Abschnitten die verschiedenen Beimischungen: schwefelsaures Kupferoxyd, Alaun, Magnesia, kohlensaures Ammoniak und andere gebräuchliche Zusätze des Brotteigs abgehandelt werden. Zugleich wird das, was man über die Entstehungsart dieser Beimischungen, über die Quantitäten, in welchen sie angewendet werden, und über die Wirkungen, die sie leisten, in Erfahrung gebracht hat, bekannt gemacht; auch werden die Verfahrungsarten beschrieben werden, von denen man Gebrauch gemacht hat, um die Gegenwart dieser Beimischungen selbst in den kleinsten Verhältnissen zu entdecken.

In der zweiten Abtheilung werden durch genaue Versuche die Wirkungen bestimmt werden, die die verschiedenen in Rede stehenden Salze auf die Bereitung des Brotes äuſsern. In übersichtlichen Tabellen sollen die Ergebnisse von vielen versuchsweise mit Beimischungen von mancherlei und in verschiedenen Mengen dem Brotteig zugesetzten salzartigen Verbindungen beim Brotbacken vorgelegt werden. Aus diesen Ergebnissen wird man sich bemühen Schlüsse zu ziehen, wie diese Beimischungen wirken, indem man sich zu erforschen bemüht, wie weit die Erfolge sich nach theoretisch-chemischen Grundsätzen erklären lassen.

Digitized by Google

Erste Abtheilung.

I Von der Anwendung des schwefelsauren Kupferoxyds beim Brotbacken.

Seit einiger Zeit ist die öffentliche Aufmerksamkeit häufig auf den gehässigen Betrug einer groſsen Anzahl Bäcker gerichtet worden, die schwefelsaures Kupferoxyd unter den Brotteig gemengt hatten. Das nördliche Frankreich und Belgien scheinen bis jetzt der Schauplatz solcher öffentlichen Giftmischereien gewesen zu seyn. — Ueber den Zeitpunkt, in welchem die Anwendung des schwefelsauren Kupferoxyds in der Bäckerei angefangen, hat sich nichts Bestimmtes ermitteln lassen. — Nachfolgende Zeilen sind aus dem *Journal de Bruxelles* vom December 1828.

Es scheint, daſs diese giftige Beimischung seit den Jahren 1816 und 1817, welche die Armen noch nicht vergessen haben, in ganz Belgien angewendet worden ist. Zu jener Zeit war das Getreide von so schlechter Beschaffenheit, daſs die geschicktesten Bäcker kein gutes Brot davon liefern konnten. Um diesem Uebelstande auszuweichen, und um den Brotkäufer unbemerkt betrügen zu können, indem sie unter das Getreidemehl Bohnen-, Erbsen- und anderes Mehl mischten, hatten einige Bäcker die verbrecherische Kühnheit, vom sogenannten blauen Alaun oder Kupfervitriol Gebrauch zu machen.

Etwas weiterhin wird in dem gedachten Journal gesagt:

Die Vortheile, die diese gewinnsüchtigen Menschen von dem Gebrauch des schwefelsauren Kupferoxyds gezogen haben und noch ziehen, sind zahlreich. Nicht allein die Leichtigkeit, sich geringerer und gemengter Sorten Mehl bedienen zu können, sondern auch eine leichtere Bearbeitung des Brotteigs, ein schnelleres Ausbacken desselben, wodurch sowohl die Krume als die Kruste de Brots schöner wird, der Vortheil, dem Teig mehr Was-

ser zusetzen zu können, wodurch das Gewicht des Brotes vermehrt wird, und dergl. mehr.

Wie das schwefelsaure Kupferoxyd von einem Bäcker in Tourcoing, der von dem dortigen städtischen Polizeigericht bestraft worden, angewendet ist, zeigen die nachfolgenden Angaben. Sie sind mir von einem Bäckergesellen mitgetheilt worden, der von dieser giftigen Beimischung lange Zeit Gebrauch gemacht hat, ohne weder die Natur noch den Namen derselben zu kennen. — So viel als möglich sind das Nachfolgende seine eigenen Worte:

»In schlechten Jahren, wie das jetzige (1830), ist der Zusatz von etwas blauem Vitriol sehr nützlich, weil das Mehl in der Regel feucht ist *) und der Brotteig nicht aufgeht, etwas das durch den blauen Vitriol umgangen wird, der den Teig gut aufgehen macht, und doch eine gröſsere Menge Wasser als sonst im Brote zurückhält, wodurch dem Bäcker Gelegenheit zu einer ganz guten Mehlersparung gegeben wird. Die zugesetzten Mengen von der blauen Flüssigkeit sind nur ganz gering. Ein Pfeifenkopf voll dieser Flüssigkeit ist zu einem Backen hinreichend. Ist das Mehl sehr schlecht, so setzt man noch etwas mehr hinzu. Niemals geschieht das Zusetzen der blauen Flüssigkeit in Gegenwart von Fremden, nicht weil der Bäcker etwa glaubt, daſs dieser Zusatz für die Gesundheit gefährliche Folgen haben könnte, denn er selbst genieſst solches Brot, sondern weil der Bäcker einen groſsen Werth auf den Besitz dieses Geheimnisses setzt.«

Ein anderer Bäcker hat mir folgendes Recept zur Anwendung von schwefelsaurem Kupferoxyd mitgetheilt.

In einem Liter Wasser löse man eine Unze blauen Vitriol auf. In das, zu einem Backen von 100 zweipfündigen Broten, zum Teig bestimmte Wasser gieſse man ein Liqueurglas voll von diesem blauen Wasser. Der gröſste Vortheil von der Anwendung des schwefelsauren Kupfer-

*) Von schlecht geerndtetem, nicht gehörig gereiftem Getreide.
Anm. des Uebersetzers.

Digitized by Google

oxyds beim Brotbacken ist, nach der Angabe dieses Bäkkers, vorzüglich für das Brot von ſeinem Mehle, das Ersparen der Anfertigung und Anwendung des Sauerteigs, dessen Bereitung die Handarbeiten sehr vermehrt *).

Nach allem Vorhergehenden scheint es daher bestimmt zu seyn, daſs die Anwendung einer geringen Quantität schwefelsauren Kupferoxyds eine kleine Mehlersparung erlaubt, indem dadurch selbst mit schlechterem Mehle ein lockeres Brot erhalten wird. Der Schluſs dieser Denkschrift wird diese Behauptung bestätigen.

Betrachten wir nun die Nachtheile, die vom Genuſs solchen Brotes, das mit schwefelsaurem Kupferoxyd in den angegebenen geringen Verhältnissen verunreinigt ist, für die Gesundheit entstehen können. Nach den bestehenden Erfahrungen über die Wirkung chemischer Agentien auf die animalische Natur wird man sich leicht überzeugen, daſs, wenn ein solches Minimum von schwefelsaurem Kupferoxyd gleichförmig unter den Brotteig vertheilt ist, einen Menschen von guter Gesundheit durch

*) Den 27. Januar 1829 verurtheilte das Correctionstribunal zu Brüssel dreizehn Bäcker dieser Stadt, die überführt waren, schwefelsaures Kupferoxyd unter ihren Brotteig gemengt zu haben. Diese Bäcker hatten unter andern zu ihrer Vertheidigung angeführt, daſs ihnen dieses Mittel als ein Geheimniſs auf verschiedenen Wegen, insbesondere aber durch die in ihren Dienst genommenen Bäckergesellen, die ihr Handwerk im nördlichen Frankreich und in Flandern erlernt hätten, mitgetheilt worden, daſs viele unter ihnen es in ihren Unterhaltungen und Trinkstubengesprächen erfahren hätten, endlich sogar aus Journalen und aus einem Prospectus der Frinck unterzeichnet, im Lande gedruckt und vertheilt, und mit einem *brevet d'invention* betitelt gewesen sey, und der die Entdeckung und den Verkauf eines Geheimnisses Hefen anzufertigen, aber ohne alle Bestimmung wovon, enthalten habe. Alle haben übrigens Proben vorgezeigt, aus welchen ihr guter Glaube an die Unschädlichkeit dieser Beimischung, und ihre völlige Unwissenheit über die nachtheiligen Folgen dieser Mittel hervorging.

(*Echo du Nord.*)

Digitized by Google

den Genuſs des Brotes kein groſser Nachtheil erwachsen kann, ja ich glaube, daſs selbst bei einem Kranken oder bei einem Kinde der Genuſs solchen Brotes keine traurigen Folgen haben wird. Ich bezweifle sogar, daſs schwefelsaures Kupferoxyd, bis zu einer Quantität von $\frac{1}{10,000}$ in den Brotteig gleichförmig vertheilt, bedeutende Zufälle veranlassen könne. Nichts destoweniger bin ich vollkommen von der dringenden Nothwendigkeit überzeugt, mit der vollen Strenge der Gesetze die geringste Beimischung dieses giftigen Salzes zum Brote zu ahnden; eine Beimischung, die ich als einen wirklichen Angriff auf die menschliche Gesundheit betrachte. Es bestimmen mich nachfolgende Gründe dazu: Die Anwendung eines so gefährlichen Mittels bleibt in den Bäckereien dem Gutdünken eines Bäckergesellen überlassen, der einen Pfeifenkopf voll der Kupfervitriolauflösung abmessen soll. Wer giebt aber die Gewiſsheit, daſs nicht zufällig von diesem Gifte etwas mehr genommen wird? Wer steht dafür, daſs derselbe nicht einmal meint, wenn etwas von diesem Gifte nützlich ist, so sey das Doppelte noch nützlicher? Wer steht dafür, daſs der Bäckergeselle, indem er sich auf die ihm unbegreifliche Wirkung seines geheimen Mittels verläſst, nicht das hinreichende Durcharbeiten des Brotteigs vernachlässige, und daſs auf diese Weise das Gift sich in einzelnen Broten mehr anhäufe, und so auf den Genuſs desselben der Tod erfolgen könne?

Nicht Aengstlichkeit veranlaſst diese Besorgnisse, Thatsachen von einer schreckbaren Wirklichkeit haben sie herbeigeführt. Chemische Untersuchungen, mit denen ich und ein anderer achtbarer Chemiker beauftragt waren, haben uns nur zu oft von der sorglosen Anwendung des schwefelsauren Kupferoxyds überzeugt, und wir haben Brote gefunden, die stellenweise so mit diesem Gifte geschwängert waren, daſs sie eine ganz grüne Farbe hatten *),

*) Bericht an den Königl. Procurator vom 29. März, 6. und 13. April 1829, durch Charpentier und Kuhlmann.

Digitized by Google

ja wir haben sogar Krystalle von schwefelsaurem Kupferoxyd in einem feinen Weiſsbrote gefunden *). Und bei welcher Gelegenheit sind diese Krystalle gefunden worden? In dem Augenblicke, da eine Mutter ihrem Kinde von diesem Brote eine Suppe bereiten wollte!

Es ist unser heiſsester Wunsch, daſs die Regierung endlich die strengsten Maſsregeln ergreife, um durch alle ihr möglichen Mittel einen solchen Miſsbrauch des öffentlichen Vertrauens zu unterdrücken. Der Gegenstand erfordert die ganze Sorge einer väterlichen Regierung als heilige Pflicht. Es müssen diese Verbrechen, die wahre Giftmischereien sind, einer härteren Ahndung unterliegen als bisher. Die Behörden des französischen Departements du Nord haben Beweise eines lobenwerthen Eifers, diese Miſsbräuche zu unterdrücken, gegeben. Untersuchungen hinsichtlich dieser wichtigen Angelegenheit haben bei den mehrsten Ortsobrigkeiten des Departements stattgefunden, vorzüglich in Cambrai und in Dünkirchen. Der Maire der Stadt Lille hat durch einen Beschluſs vom 15. September 1829 eine fortbestehende Commission zur Beaufsichtigung der Brotbereitung in dieser Stadt eingesetzt.

II. Ueber das chemische Verfahren, das schwefelsaure Kupferoxyd im Brote zu entdecken.

Das Kupferoxyd kann durch die chemische Analyse sehr bestimmt erkannt werden. Die Untersuchung eines Brotes, daſs im Verdacht steht, schwefelsaures Kupferoxyd zu enthalten, scheint daher im ersten Augenblick keiner Schwierigkeit unterworfen; die unmittelbare Behandlung mit einer Auflösung von Schwefelwasserstoff, eisenblausaurem Kali oder Ammoniakgas müſste in dieser Hinsicht jede Unsicherheit vernichten. Wenn man aber bedenkt, in welchen geringen Verhältnissen dieses Gift gewöhnlich angewendet wird, so überzeugt man sich leicht, daſs diese

*) Bericht an den Königl. Procurator vom 24. März 1829, durch Duhamel und Kuhlmann.

Digitized by Google

Untersuchungen ausgedehntere analytische Verfahren erfordern. Die Wirkung des eisenblausauren Kali's zeigt sich schon jedesmal durch die rosenrothe Farbe, die fast unmittelbar entsteht, wenn das Brot auch nur $\frac{1}{9000}$ schwefelsaures Kupferoxyd enthält. Aber nur bei der Behandlung von Weiſsbrot ist durch das angeführte Mittel ein so geringer Kupferoxydgehalt zu entdecken; denn bei schwarzem Brote würde die schwache Farbenveränderung nur schwer zu erkennen seyn. Ich habe Brote von verschiedenem Gehalt an Kupfersalzen mit eisenblausaurem Kali und hydrothionsaurem Ammoniak in Berührung gebracht, und nachfolgende Resultate erhalten:

Nummer.	Mengen des schwefelsaur. Kupferoxyds im Brote.	Wirkung des eisenblausauren Kali's.	Wirkung des hydrothionsaur. Ammoniaks.
1.	$\frac{1}{29000}$	—	—
2.	$\frac{1}{13300}$	—	—
3.	$\frac{1}{8700}$	sehr deutliche rosenrothe Färbung	—
4.	$\frac{1}{7360}$	noch deutlichere rosenrothe Farbe	—
5.	$\frac{1}{3590}$	Blutroth	bräunliche Farbe
6.	$\frac{1}{1875}$	dunkel carmoisin	deutlich braun

Man wird bemerken, daſs die Wirkung des Hydrothion-Ammoniaks nicht so bestimmt ist, als die des eisenblausauren Kali's.

Ammoniakflüssigkeit erhält eine merklich blaue Farbe durch Berührung mit dem kupferhaltigen Brote, nur in sofern, als das schwefelsaure Kupferoxyd sich in demselben bereits durch die grüne Farbe verräth.

Ich glaube, daſs bei Untersuchung von Weiſsbrot die unmittelbare Behandlung mit eisenblausaurem Kali ein ausgezeichnet nützliches vorläufiges Prüfungsmittel ist, das in den mehrsten Fällen hinreichend anzeigt, ob das-

selbe so viel schwefelsaures Kupferoxyd enthält, um der Gesundheit zu schaden, oder Zeichen von Vergiftung zu veranlassen.

Dieses Prüfungsmittel ist so einfach, daſs selbst Personen ohne chemische Kenntnisse es leicht anwenden können *).

So anwendbar dieses Verfahren ist, um in einzelnen Fällen sehr kleine Mengen des Kupfersalzes, die das Brot enthalten kann, zu bestimmen, so habe ich doch noch ein anderes analytisches Verfahren von gröſserer Schärfe aufsuchen zu müssen geglaubt. Indem ich viele zu diesem Zweck angestellte Versuche übergehe, werde ich das Verfahren angeben, dessen ich mich bei den strengsten Prüfungen bedient habe, und von dessen Genauigkeit ich mich durch viele Proben bei der Untersuchung von Brot überzeugt habe, in welches ich eine unendlich geringe Menge schwefelsaures Kupferoxyd, z. B. $\frac{1}{700000}$, was mit $\frac{1}{3000000}$ metallischem Kupferoxyd gleich ist, hatte backen lassen.

*) Einfacher und sicherer, als dieses Mittel, ist wohl ohne Zweifel das Hineinstecken einer blanken Messerklinge in die angefeuchtete Brotmasse, da man hiedurch das Kupfer in metallischer Gestalt bekommt; nur darf der Gehalt an Kupfervitriol, nach den Erfahrungen von Jacquemyns (diese Ann. Bd. XVIII. (94.) S. 75.) nicht weniger als etwa $\frac{1}{2000}$ vom Gewichte des damit verfälschten Brotes betragen.

Das weiterhin von Hrn. Kuhlmann angewandte Verfahren würde, was die Empfindlichkeit betrifft, wenn die Angabe hinsichtlich derselben nicht übertrieben ist, der von Hrn. Jacquemyns (a. a. O. S. 76.) benutzten Verkohlung des Brots mit kohlensaurem Natron vorzuziehen seyn, da diese nur einen Kupfervitriolgehalt von etwa $\frac{1}{5000}$ angiebt. Indeſs ist die letztere Methode, da sie das Kupfer geradezu in Metallgestalt liefert, unstreitig sicherer, und es wäre daher wohl zu untersuchen, ob sie nicht, wenn man mit gröſseren Gewichtsmengen arbeitet (Hr. J. wandte nie mehr als eine Unze Brot an), eben so genaue Resultate liefert, als die Methode des Hrn. K., wie genau diese übrigens auch seyn möge. *P.*

Digitized by Google

Zu diesem Zweck brenne man 200 Grammen Brot in einer Platinschale zu Asche. Das Product der Einäscherung wird, nachdem es in das feinste Pulver verwandelt worden ist, in einer Porcellanschale mit Salpetersäure (8 bis 10 Grm.) gemischt, um einen sehr dünnen Brei zu erhalten. Man erhitzt hierauf die Mischung so lange, bis fast alle freie Säure verdunstet und nur eine dickflüssige Masse übrig ist. Diese wird, mit Hülfe der Wärme, in ungefähr 20 Grm. destillirten Wassers aufgelöst und filtrirt. Im Filter bleibt das, was die Säure nicht aufgelöst, zurück. Die filtrirte Flüssigkeit versetzt man mit einem kleinen Uebermaaſse von kaustischem Ammoniak und mit einigen Tropfen kohlensaurem Ammoniak. Nach dem Erkalten trennt man durch Filtriren den reichlichen weiſsen Niederschlag, der sich gebildet hat, und erhitzt die Flüssigkeit einige Augenblicke bis zum Sieden, um das überschüssige Ammoniak zu verjagen, und sie bis auf den vierten Theil ihres Raums einzudunsten. Nachdem man sie hierauf durch einige Tropfen Salpetersäure leicht säuerlich gemacht hat (gewöhnlich enthält das Aufsieden schon hinreichend Säure), theilt man sie in zwei Hälften, und prüft die eine mit eisenblausaurem Kali, die andere mit Hydrothionsäure und Hydrothion-Ammoniak.

Wenn das Brot auch nur $\frac{1}{70000}$ Theil schwefelsauren Kupferoxyds enthält, so wird die Gegenwart desselben, wenn man pünktlich das vorgeschriebene Verfahren befolgt, bei Anwendung des eisenblausaurem Kali's, durch eine augenblickliche rosenrothe Färbung der Flüssigkeit, und, nach einigen Stunden der Ruhe, durch einen carmoisinrothen Niederschlag sich zeigen. In der zweiten Hälfte der Flüssigkeit, wird die Hydrothionsäure oder das Hydrothion-Ammoniak eine leichte fahle Farbe hervorbringen und sich nach einiger Zeit ein brauner Niederschlag, stets von geringerer Menge als bei Anwendung des eisenblausauren Kali's, bilden. Durch diese Kennzeichen erkennt man leicht die Gegenwart der Kupfersalze.

Digitized by Google

salze. Sind die Quantitäten des im Brote enthaltenen schwefelsauren Kupferoxyds gröſser, so werden die Niederschläge schneller und reichlicher seyn, und man würde in diesem Fall sogar das Kupfer selbst metallisch darstellen können, indem man es sich auf eine wohlpolirte Eisenplatte niederschlagen lieſs.

Um das Verfahren abzukürzen, habe ich zuweilen kleine Abänderungen dabei vorgenommen, die anzugeben nützlich seyn wird.

Das Verbrennen des Brotes zu Asche ist eine sehr langwierige Arbeit. Ich habe mich daher öfters mit einer nur unvollständigen Einäscherung begnügt, indem ich 100 Grammen des verdächtigen Brotes eine Stunde hindurch weiſsglühend calcinirte. Es bleibt dann eine sehr umfangreiche Kohle zurück, die viel Säure zur Auskochung verlangt, und oft nimmt alsdann die Flüssigkeit eine gelbe Farbe an.

Ungeachtet ich bei einer solchen unvollkommenen Einäscherung immer sehr bestimmte Ergebnisse erhalten habe, so glaube ich doch, daſs in allen wichtigen und entscheidenden Untersuchungen die vollständige Einäscherung vorzuziehen ist.

Man erleichtert sich übrigens das Einäschern bedeutend durch Anwendung flacher Platinschalen, die einen leichten Zutritt der Luft beim Verbrennen ungehindert gestatten. Die Einäscherung von 200 Grm. Brot, die in einem Platintiegel 6 bis 8 Stunden dauert, ist in einer flachen Platinschale in 2 bis 3 Stunden beendigt.

Oft habe ich auch die erste Filtration der salpetersauren Flüssigkeit unterlassen, was sehr wohl geschehen kann, wenn es nur darauf ankommt, die Gegenwart des Kupfers zu entdecken, ohne den gallertartigen, durch das Ammoniak hervorgebrachten Rückstand zu berücksichtigen, der gewöhnlich in phosphorsaurem Kalk, phosphorsaurer Bittererde, Eisenoxyd und etwas Thonerde besteht.

Auch den Zusatz von einigen Tropfen kohlensauren

Digitized by Google

Ammoniaks habe ich vermieden, indem ich in die mit kaustischem Ammoniak übersetzte Flüssigkeit, mit dem Munde blieſs, und dadurch einen kohlensaures Gas haltenden Luftstrom hineinleitete. — Ich habe mich dieses Hülfsmittels jederzeit bedient, wenn ich nicht von der Reinheit des vorhandenen Ammoniaks überzeugt war.

Es scheint überflüssig zu bemerken, daſs bei diesen Brotprüfungen der Chemiker die gewissenhafteste Aufmerksamkeit darauf zu verwenden hat, daſs weder seine Reagentien kupferhaltig sind, noch daſs kupferne Gefäſse angewendet werden. Die aufzufindenden Mengen Kupfer sind oft sehr gering, und die mindeste Nachlässigkeit bei der Analyse kann groſse Irrthümer verursachen und einen in dem zu untersuchenden Brote gar nicht vorhandenen Kupfergehalt angeben. Destillirtes Wasser, was in kupfernen Destillirgefäſsen übergezogen worden, ist selten frei von Spuren dieses Metalls. Seine Gegenwart wird durch die Reagentien nicht eher entdeckt, als wenn man diese auf den Rückstand der Eindunstung einer bestimmten Menge desselben, z. B. eines Liter, einwirken läſst. Die Salpetersäure, die Ammoniakflüssigkeit und alle Ammoniaksalze können mehr oder weniger davon enthalten. Aber alle diese Körper können leicht durch die Destillation davon gereinigt werden (?). Ungeachtet aller dieser Vorsichtsmaſsregeln halte ich es für nützlich, von den chemischen Agentien die möglichst kleinsten Mengen anzuwenden, und alle zu diesen Analysen nöthigen Gefäſse vorher sorgfältig mit destillirtem Wasser zu reinigen.

Die angegebenen analytischen Verfahren bezwecken sämmtlich nur die Gegenwart des Kupfers zu entdecken. Jeder Versuch, der zum Zweck hätte, die Gegenwart der Schwefelsäure im Brote zu erkennen, würde zu keinem bestimmten Ergebnisse führen, weil sehr oft das zum Brotbacken angewendete Wasser schwefelsaure Verbindungen enthält, z. B. schwefelsauren Kalk, und weil die

Digitized by Google

schwefelsauren Verbindungen selbst im Mehl vorhanden seyn können. Uebrigens ist das schwefelsaure Kupferoxyd, daſs dem Brote zugesetzt worden, gewöhnlich groſsentheils zersetzt und in salzsaures Kupferoxyd verwandelt, durch den geringen Antheil salzsaurer Kalkerde, den das beim Backen angewendete Wasser zu enthalten pflegt. Diese Zersetzung ist um so wahrscheinlicher, weil das stark mit schwefelsaurem Kupferoxyd versetzte Brot eine grünliche Farbe hat, die keineswegs die der schwefelsauren Verbindungen ist. Nur in dem Fall, das Brot eine groſse Menge schwefelsauren Kupferoxyds enthielte, würde die Schwefelsäure, durch die Reaction der Barytsalze auf das destillirte Wasser, das man mit dem Brote digerirt hat, aufgefunden werden.

Bei der groſsen Menge von Untersuchungen, die ich habe anstellen müssen, ist es mir oft begegnet, daſs ich nur so schwache Spuren eines Kupfergehalts gefunden habe, daſs meine Berichte über die Verunreinigung des Brotes mit schwefelsaurem Kupferoxyd haben verneinend ausfallen müssen. Hr. Charpentier und ich sind in einem solchen Falle genöthigt gewesen, uns über die uns aufgetragenen Versuche in unserm Bericht vom 11. April 1829 an den Königlichen Procurator so zu äuſsern:

»Die so erhaltene Flüssigkeit (die ammoniakalische etwas gesäuerte Flüssigkeit), mit einem Tropfen Hydrothion-Ammoniak versetzt, wurde milchigt, und mit etwas eisenblausaurem Kali versetzt, entstand im ersten Augenblick keine Veränderung. Nach vierundzwanzigstündiger Ruhe haben wir keine augenscheinliche Veränderung in der mit hydrothionsaurem Ammoniak versetzten Flüssigkeit bemerkt, aber in der mit eisenblausaurem Kali versetzten hatte sich an den Seiten des Glases eine schwache weiſsliche Schicht abgelagert, die, auf den Boden des Glases zusammengebracht, rosenroth aussah. In Folge der so wenig übereinstimmenden Resultate haben wir die Versuche mit 200 Grm. von jedem der zu prü-

fenden Brote wiederholt, und die gleichen Ergebnisse erhalten. Es hat sich durch das Hydrothion-Ammoniak keine Spur von Kupfer darstellen lassen, und obgleich der rosenrothe Farbenton des Niederschlags durch eisenblausaures Kali den Spuren von Kupfer zugeschrieben werden kann, so ist dieses Ergebniſs, um so mehr als es allein dasteht, doch nicht entscheidend genug, so daſs, wir auf die Frage, ob ein Kupfergehalt vorhanden sey, nur erwiedern könnten, es sey ein so geringer daſs seine Beimischung ohne allen Einfluſs auf die Brotbereitung scheine.«

Die Aufsichts-Commission über die Brotbereitung in Lille, von der ich ein Mitglied bin, hat in der letzten Zeit Gelegenheit genommen mehrere Mehlsorten zu untersuchen, um die Analysen derselben mit den Analysen eines verdächtigen Brotes zu vergleichen, in welchem sich Spuren eines Kupfergehalts gefunden hatten. Sie erhielt aus dem Mehl bei der Untersuchung dieselben Resultate, als aus dem in Rede stehenden Brote, was zu dem Schluſs berechtigte, daſs Spuren von Kupfer sich von Natur im Mehle, und folglich auch im Getreide befinden müssen. (Bericht an den Maire der Stadt Lille vom 5. Septemb. 1829.)

Ich habe diese Versuche mit Weizen- und Roggen-Mehl oft wiederholt, und bin immer in meiner Meinung, daſs Spuren von Kupfer im Getreide enthalten sind, befestigt worden, indem das eisenblausaure Kali jederzeit einen mehr oder weniger deutlich rothen Niederschlag verursacht hat. Die in Rede stehenden Mengen des Kupfers genau zu bestimmen, ist jedenfalls sehr schwierig.

Nachdem ich die Niederschläge von der Behandlung von zwei Kilogrammen Getreide und Mehl gesammelt hatte, unterwarf ich sie derselben analytischen Behandlung, wie beim Brote angegeben. Nach der Calcination und der auf einander folgenden Behandlung mit Salpetersäure und Ammoniak, nahm die erhaltene Flüssigkeit durch die Con-

Digitized by Google

centration eine schwache grüne Farbe an; sie wurde blau durch den Zusatz von Ammoniak, gab mit Hydrothionsäure einen braunen und mit eisenblausaurem Kali einen dunkel carmoisinrothen Niederschlag. Mittelst eines wohlpolirten Eisenplättchens konnte ich sogar das Kupfer metallisch sichtbar darstellen.

Durch diese Erscheinungen gezwungen, das Kupfer als färbenden Stoff der erhaltenen Niederschläge anzuerkennen, muſs ich mich so lange überzeugt halten, daſs im Getreide Spuren von Kupfer enthalten sind, bis bewiesen wird, daſs sich dieses Metall nur in Folge eines unbemerkten Fehlers der Untersuchung gefunden hat.

Für den Chemiker wird die Entdeckung einer Spur von Kupfer im Getreide nichts Ueberraschendes haben. Sarzeau hat dieses Metall schon in einigen organischen Produkten *), und Meiſsner in Halle hat Spuren von demselben in einer groſsen Menge Pflanzen entdeckt.

Alle diese Thatsachen erfordern die gröſste Umsicht bei der Analyse des Brotes. Die Gewährleistung, welche die öffentliche Gesundheitspflege in der chemischen Analyse findet, um die schändlichen Betrügereien der Bäcker zu entdecken, wird dadurch nicht vernichtet. Es ist noch ein groſser Unterschied in den Ergebnissen der Analyse aus einem Brote, das nur mit $\frac{1}{10000}$ schwefelsauren Kupferoxyds verunreinigt, und aus einem, bei dessen Bereitung gar kein Kupfersalz angewendet ist. Vom Brote, das nur mit $\frac{1}{10000}$ schwefelsauren Kupferoxyds verunreinigt ist, wird die schwach gesäuerte ammoniakalische Flüssigkeit beim Zutröpfeln von eisenblausaurem Kali fast augenblicklich rosenroth, während der Niederschlag bei der Behandlung von Getreide und Mehl viel später erfolgt, und in vielen Fällen die kleine Menge eisenblausauren Kupfers nicht sichtbar wird, weil sie von einem

*) Auch im Weizen und im Mehl. Man sehe diese Ann. Bd. XIX. (95.) S. 448.

weissen Niederschlag eingehüllt ist, der ein erdiges phosphorsaures Salz zu seyn scheint.

In der zweiten Abtheilung dieses Aufsatzes werde ich mich darzustellen bemühen, bis zu welchem Punkt sich die Wirkung des schwefelsauren Kupferoxyds nach wissenschaftlichen Principien erklären läſst. Ich werde untersuchen, bis zu welchem Grad die Angaben der Bäkker über die Wirkung dieses Mittels richtig sind, und mich bemühen die Frage zu beantworten: Ist die Anwendung des schwefelsauren Kupferoxyds beim Brotbakken Folge der an ihm entdeckten Wirkung, oder ist der Gebrauch desselben nur durch Unwissenheit und Vorurtheil entstanden und fortgepflanzt.

III. Vom Alaun, von seiner Anwendung beim Brotbakken, und von den Mitteln, ihn im Brote zu entdecken.

Ich habe nicht erfahren können, wie lange man sich schon des Alauns beim Brotbacken bedient; doch scheint der Gebrauch sehr alt, und in London beinah allgemein eingeführt.

Die verschiedenen englischen Schriftsteller, die sich mit der Gesundheitspolizei beschäftigen, äuſsern sich darüber wie folgt.

Accum, in seinem Aufsatz über die Küchengifte, erwähnt, daſs die geringere Güte des feinen Mehls, dessen sich die Bäcker in London gewöhnlich zum Brotbacken bedienen, einen Zusatz von Alaun nöthig mache, um dem Brote eine solche weiſse Farbe zu geben, als wäre es vom besten feinen Mehl gebacken.

Es scheint, als wenn dieser Alaunzusatz erlaube dem feinen Mehle Erbsen- und Bohnen-Mehl zuzusetzen, ohne dem äuſsern Ansehen des Brotes zu schaden.

Nach Ure ist die geringste Menge Alaun, die man einem schlechten Mehle zusetzen muſs, um leichtes und lockeres Brot zu erhalten, 113 Grm. auf 109 Kilogrm. Mehl.

Digitized by Google

P. Markham, in seinen Betrachtungen über die Zuthaten, die man benutzt, um mit Mehl und Brod zu betrügen, nimmt 240 Gramm. Alaun auf 109 Kilogramm. Mehl an.

Endlich wird der Alaun noch in dem Verhältniſs von 1 Kilogrm. auf 127 Kilogrm. Mehl, was 80 Brote zu 4 Pfund (livres) giebt, oder von 12,40 Grm. Alaun auf ein Brot (siehe den Artikel Bäckerei im Supplement der *Encyclopédie britanique*) angewendet.

Es scheint, als wenn die Menge des angewendeten Alauns nach Verhältniſs der Güte des Mehls verschieden sey, und die Stelle des Seesalzes ersetzen solle, was gewöhnlich zur Bereitung des Brotes mit verwendet wird.

In den verschiedenen oben angegebenen Verhältnissen wechselt die Menge des Alauns von $\frac{1}{127}$ bis $\frac{1}{964}$ des angewendeten Mehls, oder von $\frac{1}{145}$ bis $\frac{1}{1077}$ des gebakkenen Brotes.

Hinsichtlich der Stärke der Einwirkung des Alauns auf den thierischen Organismus ist er keineswegs mit dem schwefelsauren Kupferoxyd zu vergleichen, auch wird ein kleiner Alaungehalt im Brote nicht leicht unmittelbar nachtheilige Zufälle herbeiführen. Dennoch ist zu befürchten, daſs, wenn dieses Salz täglich in den Magen gebracht wird, es wenigstens bei Personen von schwächlicher Leibesbeschaffenheit traurige Folgen herbeiführe.

Da das Interesse am Gemeinwohle erfordert, daſs der Gebrauch des Alauns beim Brotbacken als ein gefährlicher Miſsbrauch unterdrückt wird, hat es mir wichtig geschienen, die bestimmtesten und leichtesten Verfahrungsarten zu prüfen, um die Gegenwart des Alauns im Brote zu bestimmen.

Ure, in seinem chemischen Wörterbuche, giebt nachfolgendes Verfahren an:

Er zerbröckelt das Brot, nachdem er es hat alt werden lassen, und weicht es einige Zeit in kaltem Wasser, er preſst es hierauf aus, und filtrirt die ausgepreſste Flüs-

Digitized by Google

sigkeit durch Flieſspapier, um sie vollständig klar zu erhalten. Zu der klaren Flüssigkeit wird etwas von einer Lösung von salzsaurem Baryt gegossen, entsteht ein weiſser Niederschlag, so schlieſst er, daſs Alaun im Brote gewesen sey, indem, nach diesem Schriftsteller, Brot ohne Alaungehalt keinen Niederschlag geben soll.

Brot, das $\frac{1}{656}$ Alaun enthielt, gab nach diesem Verfahren, daſs wenigstens den Vorzug hat, nicht umständlich zu seyn, einen sehr reichlichen Niederschlag; aber ich glaube nicht, daſs man, um sehr kleine Mengen dieses Salzes mit Gewiſsheit zu bestimmen, von diesem Verfahren Gebrauch machen könne. Das ohne Alaun gebackene Brot giebt auch immer einen geringen Niederschlag, und diese Erscheinung wird gewöhnlich stattfinden, weil selten Wasser zum Brotbacken verwendet wird, was nicht etwas schwefelsauren Kalk enthält. Weil endlich durch dieses Verfahren nur die Schwefelsäure bestimmt wird, so läſst es über die schwefelsaure Verbindung, die im Brote enthalten war, den Chemiker in Ungewiſsheit; da schwefelsaures Kupferoxyd, schwefelsaures Zinkoxyd und alle anderen auflöslichen schwefelsauren Salze gleiche Ergebnisse veranlassen würden.

Mein Verfahren, um die Gegenwart des Alauns im Brote zu erkennen, das ich von groſser Schärfe halte, ist folgendes:

Man äschere 200 Grm. Brot ein, reibe die Asche sehr fein, behandele sie mit Salpetersäure, dunste die Mischung bis zur Trockniſs ein, und löse sie hierauf in ungefähr 20 Grm. destillirten Wassers auf, ganz auf eben die Weise, wie verfahren wurde, um das Kupfer zu entdecken. Der Flüssigkeit, die man nicht zu filtriren nöthig hat, setze man reines kaustisches Kali im Uebermaſs zu. Nachdem das Gemenge etwas erhitzt worden, wird es filtrirt, und die Thonerde aus der klaren Flüssigkeit durch salzsaures Ammoniak niedergeschlagen. Die vollständige Abscheidung der Thonerde findet nur erst beim

Digitized by Google

Sieden statt, daher man die Flüssigkeit einige Augenblicke der Siedhitze aussetzen muſs. Man bringt hierauf die Thonerde auf ein Filter, und bestimmt nach der Menge der gefundenen Thonerde die Menge des im Brote enthalten gewesenen Alauns.

Wenn ein geringer Niederschlag beim Zusetzen des salzsauren Ammoniaks stattfindet, so glaube man nur nicht gleich, daſs Alaun im untersuchten Brote vorhanden gewesen sey. Die Analysen der Asche des Brotes wie des Weizens und Roggens haben mir oft Thonerde, aber in so geringer Menge gegeben, daſs man sie, ohne groſse Irrthümer zu veranlassen, gar nicht berücksichtigen kann. Dieser kleine Thonerdegehalt kann zufällig seyn, von dem Getreide anhängenden erdigen Theilen herrühren, oder eben so gut vom Heerde des Ofens, auf welchem das Brot gebacken ist.

Schon Schrader hat Spuren dieser Erde im Roggen gefunden *).

Die Thonerde, die aus dem Getreide oder aus dem Brote, welches ohne Alaunzusatz gebacken worden, gewonnen wird, ist von so geringer Menge, daſs sie sich nur nach mehrstündiger Ruhe, oder durch Sieden der Flüssigkeit niederschlägt; während der Niederschlag reichlicher und augenblicklicher ist, wenn Brot behandelt wird, das auch nur $\frac{1}{3420}$ Alaun enthielt. In solcher geringen Menge angewendet, bringt der Alaun aber keinen merklichen Erfolg bei der Brotbereitung hervor, und kann in keiner Hinsicht dem Verbraucher Besorgnisse rücksichtlich seiner Gesundheit einflöſsen.

Man kann die Quantität des im Brote verbackenen Alauns nach dem Gewicht und den Umfang der durch die Verbrennung erhaltenen Asche ungefähr bestimmen. 200 Grm. ohne Alaun gebackenes Brot haben in einer groſsen Anzahl von Versuchen 1,27 bis 1,30 Grm. Asche gegeben, dahingegen Brot, was nur $\frac{1}{176}$ Alaun enthielt,

*) Gehlen's Journal, Bd. III. S. 525.

Digitized by Google

1,60 Grm. Asche gab. Im letztern Fall ist die Einäscherung leichter zu bewerkstelligen, weil die sehr weiſse Asche von groſsem Umfang, lockerer und strengflüssiger ist.

Die Arbeiten, um die Gegenwart des Alauns festzustellen, können mit den Analysen des Brotes, um die Gegenwart des Kupfers zu bestimmen, verbunden werden. Es ist hinreichend, den gallertartigen Niederschlag, der nach der Behandlung mit Ammoniak im Filter bleibt, mit kaustischem Kali zu behandeln, um die Alaunerde aufgelöst zu erhalten, und sie mittelst salzsauren Ammoniaks, wie oben gezeigt worden, abzuscheiden.

Ich halte das beschriebene Verfahren für sehr zweckmäſsig, um das Vorhandenseyn der kleinsten Menge Alaun zu bestimmen, und halte es in mancher Hinsicht für vorzüglicher, als das von Ure empfohlene, was nur die Gegenwart der Säure angiebt, und, wie ich gezeigt habe, zu manchen Irrthümern Veranlassung geben kann. — In zweifelhaften Fällen dürfte es nützlich seyn von beiden Verfahren Gebrauch zu machen.

Ich behalte mir vor, in der zweiten Abtheilung dieser Denkschrift durch Versuche die Wirkungen eines Alaunzusatzes bei der Brotbereitung festzustellen.

IV. Von andern gewöhnlichen Beimischungen beim Brotbacken.

1) Schwefelsaures Zinkoxyd oder weiſser Vitriol.

Wenn die Anwendung dieses Salzes beim Brotbakken zuweilen stattgefunden hat, so ist dieſs wohl nur der Fall gewesen, weil man es mit dem schwefelsauren Kupferoxyd oder blauen Vitriol verwechselt hat. — Ich habe jederzeit auf das analytische Verfahren, was man benutzen kann, um das Vorhandenseyn desselben zu entdecken, meine ganze Aufmerksamkeit gerichtet, da die Anwendung dieses Salzes, wegen seiner giftigen Eigenschaften, höchst gefährlich ist.

Digitized by Google

Da das metallische Zink durch die Hitze verflüchtigt wird, so ist die Einäscherung des Brotes bei der Prüfung nicht anzuwenden; man muſs daher zur Analyse auf dem nassen Wege seine Zuflucht nehmen. Man bestimme daher zuerst den Gehalt an Schwefelsäure nach dem von Ure angegebenen Verfahren, um den Alaun zu erkennen, und wenn man auf diesem Weg einen Niederschlag von schwefelsaurem Baryt erhalten hat, so bestimme man die Gegenwart des Zinks auf folgende Weise.

Man übergieſse 200 Grm. des zerbröckelten Brotes einige Zeit mit kaltem destillirten Wasser, presse alsdann die Flüssigkeit durch reine Leinwand und filtrire sie durch Papier. Man dunste die wäſsrige Infusion bei gelinder Hitze so lange ein, bis die Flüssigkeit anfängt klebrig zu werden, dann setze man Ammoniakflüssigkeit im Uebermaſs hinzu und filtrire sie auf's Neue. Die filtrirte Flüssigkeit wird, nachdem sie mit etwas Salpetersäure schwach säuerlich gemacht ist, in zwei Hälften getheilt. Die eine Hälfte versetzt man mit eisenblausaurem Kali, die andere mit Hydrothion-Ammoniak. Die Gegenwart des Zinks wird sich in beiden Fällen durch einen weiſsen Niederschlag darthun, aber auf eine mehr in die Augen fallende Weise durch das erste Fällmittel. Diese Niederschläge müssen sich in einem Uebermaſs von Ammoniak auflösen. Dieſs Verfahren hat mir sehr genaue Resultate gegeben *).

2) Kohlensaure Bittererde (*Magnesia alba*).

Aus Versuchen, die Edmund Davy, Professor der Chemie zu Cork, angestellt hat, geht hervor, daſs 20 bis 40 Gran (1 oder 2 Grm. ungefähr) kohlensaurer Bittererde, sorgfältig mit einem Pfunde (ungefähr 453 Grm.)

*) Dieſs steht wohl einigermaſsen zu bezweifeln, da das Verfahren sehr mangelhaft ist, wie man aus Hrn. Jacquemyns's Bemerkungen in Bd. XVIII. (94.) S. 80. dieser Annalen ersehen kann. *P.*

feinen Mehles von schlechter Qualität gemengt, die Qualität des Brotes, das von diesem Gemenge gebacken wird, wesentlich verbessern. Man scheint sich dieses Verfahrens zuweilen zu bedienen (Ures Wörterb. der Chemie).

Ohne mich jetzt bei der Wirkung, welche die kohlensaure Bittererde beim Brotbacken hervorbringt, aufzuhalten, will ich untersuchen, in wie weit diese Verfälschung des Brotes' der Gesundheit nachtheilig werden kann. Die kohlensaure Bittererde muſs, während der Brotbereitung, gröſstentheils in essigsaure Bittererde, durch die bei der Gährung des Brotteigs sich entwickelnde Essigsäure, verwandelt werden. Die essigsaure Bittererde wirkt sehr bestimmt abführend, aber ich glaube nicht, daſs Brot, welches nach den von Edm. Davy angegebenen Verhältnissen bereitet worden, auf eine heftige Weise dem Magen beschweren könne. Nichts destoweniger müſste eine solche Brotverfälschung doch strenge bestraft werden, weil die Möglichkeit vorhanden ist, der Gesundheit dadurch zu schaden, und dieſs um so mehr, als dieses Salz die gröſste Aehnlichkeit mit dem Mehle hat.

Das nachfolgende Verfahren dient dazu, selbst kleine Antheile kohlensaurer Bittererde im Brote zu entdecken.

Man äschere 200 Grm. von dem Brote ein; die Asche, die weiſser und umfangreicher ist, wenn das Brot Bittererde enthält, wird sehr fein gerieben, mit Essigsäure angerührt, und so lange abgedunstet, bis alle freie Säure verdampft ist. Der abgetrocknete Rückstand wird mit Alkohol behandelt und filtrirt. Die geistige Flüssigkeit wird bis zur Trockniſs abgedampft, und das Product der Abdampfung wieder in etwas destillirtem Wasser aufgelöst. In die erhaltene wäſsrige Auflösung gieſse man ein kleines Uebermaſs von doppelt-kohlensaurem Kali, und filtrire sie. Wenn kohlensaure Bittererde im Brote enthalten war, so sondert sich die Bittererde in Gestalt einer weiſsen Gallerte durch Aufsieden der Flüssigkeit ab. — Dieses analytische Verfahren könnte, wenn nicht die

Digitized by Google

Asche jedes Brotes phosphorsaure Bittererde enthielte, deren Auflösung man verhindern muſs, viel einfacher seyn.

4) Kohlensaure Alkalien.

Viele Schriftsteller behaupten, daſs das kohlensaure Ammoniak von groſsem Nutzen beim Gähren (Aufgehen) des Brotteigs und zur Verbesserung der weiſsen Farbe des Brotes sey. Die Eigenschaft dieses Salzes, sich durch die Hitze zu verflüchtigen, scheint diese Behauptung veranlaſst zu haben. Ich bezweifle jedoch, daſs ein groſser Theil kohlensauren Ammoniaks sich bei der Hitze des Brotbackens verflüchtige, und auf diese Weise mechanisch den Effect hervorbringe, den Teig zu heben und locker zu machen; denn die Säure des Sauerteigs und die sich während der Bearbeitung des Teigs durch die Gährung entwickelnde Säure muſs hinreichend seyn, den gröſsten Theil des kohlensauren Ammoniaks in essigsaures Ammoniak zu verwandeln, und wenn ein mechanischer Einfluſs stattfindet, so ist dieser im Freiwerden der Kohlensäure aus dem kohlensauren Salze zu suchen.

Da das Ammoniak gröſstentheils als essigsaure Verbindung im Brote bleibt, so muſs es durch die Analyse zu finden seyn, wenn man das Wasser, worin das Brot ausgezogen ist, eindunstet, und den gummiartigen süſsen Auszug mit kaustischem Kali behandelt, wodurch das Ammoniak mit Heftigkeit frei wird. Um es sichtbar zu machen, darf man nur in den Hals des Glasgefäſses, in welchem man die Mischung macht, etwas durch Säure geröthetes Lackmuspapier hängen.

Die Vermengung einer kleinen Menge kohlensauren Ammoniaks mit dem Brotteig läſst sich nicht wohl durch die Analyse nachweisen; denn Brot, das ohne Anwendung dieses Salzes gebacken war, und auf dieselbe Weise analysirt wurde, hat immer eine bedeutende Ammoniakentwicklung gegeben, ungeachtet die Vorsicht gebraucht wurde, nur die Krume des Brotes der Untersuchung zu

Digitized by Google

unterwerfen, und ungeachtet man den wäſsrigen Auszug im Wasserbade abdampfte, um die Zersetzung jedes stickstoffhaltigen Theils des Brotes zu verhindern.

Ich glaube auch, daſs die andern kohlensauren Alkalien, die Pottasche und das Natron, zu dem Zweck beim Brotbacken angewendet worden sind, um das Wasser beim Backen mehr im Brote zurückzuhalten. Durch eine Untersuchung der Asche ist dieser Betrug leicht zu entdecken. Denn die Asche eines nicht verfälschten Brotes enthält nur wenig im Wasser auflösliche Bestandtheile und durchaus kein freies Alkali.

4) Anderweitige Beimischungen des Brotes.

Eine groſse Menge anderer Körper, wie Kreide, Pfeifenthon, Gyps, sind schon zur Verfälschung des Brotes angewendet worden. Man hat sich derselben wohl nur, um das Gewicht des Brotes und vielleicht auch um seine Weiſse zu vermehren, bedient. Da sie dem Bäcker nur, wenn sie in groſsen Mengen, um das Gewicht zu vermehren, unter das Brot gemengt werden, Vortheil gewähren, so ist die bloſse Einäscherung des Brotes hinreichend, um durch das gröſsere Gewicht der Asche diesen Betrug zu entdecken.

Durch einfache analytische Verfahren, deren Auseinandersetzung diesen Aufsatz ohne allen Nutzen vergröſsern würde, läſst sich der Körper leicht bestimmen, mit welchem die Verfälschung ausgeführt ist.

Die Anwendung, die Kuchenbäcker und Conditoren vom Eiweiſs, Gummiwasser, Fischleim und andern klebrigen Körpern machen, hat vielleicht manchen Brotbäcker zur Anwendung dieser Körper, um den Brotteig geschmeidiger zu machen, bewogen.

Der Dr. Perceval empfiehlt, um ein besseres und schwereres Brot, als durch das gewöhnliche Verfahren zu erhalten, die Beimischung von 30 Grm. Salep auf das Kilogrm. feines Mehl. — Wahrscheinlich würde es ähn-

Digitized by Google

liche Resultate geben, wenn man eine gewisse Menge Mehl in dem zum Anrühren des Brotteigs bestimmten Wasser kochen lieſse.

Zweite Abtheilung.

Versuche über das Brotbacken.

Wenn man die verschiedenen Eigenschaften der Körper betrachtet, die dem Brotteig zugesetzt werden, um Vortheil aus Mehl von geringerer Güte zu ziehen, so hält es schwer, über die Rolle, welche sie bei der Brotbereitung spielen, eine Meinung zu fassen. Viele von ihnen scheinen eher dazu geeignet, die Gährung des Brotteigs zu verzögern, als zu befördern. Am wenigsten begreiflich ist es aber, wie eine so geringe Menge schwefelsauren Kupferoxyds, als gewöhnlich angewendet wird, einen Erfolg auf die Brotbereitung haben könne.

Das Verlangen, den Einfluſs dieses schädlichen Salzes auf den Gang der Gährung des Brotteigs selbst zu beobachten, hat mich bewogen eine Reihe synthetischer Versuche anzustellen, deren Ergebnisse ich hier bekannt machen will.

Ich habe mich bemüht, die Wirkungen des schwefelsauren Kupferoxyds, des Alauns, des kohlensauren Ammoniaks, der kohlensauren Bittererde, des schwefelsauren Zinkoxyds, des Seesalzes und einiger andern Körper, die, wie ich glaube, von mehr oder weniger kräftigem Einfluſs auf die Eigenschaften des Brotes sind, synthetisch zu bestimmen.

Alle diese synthetischen Versuche sind von einem und demselben Bäcker, und stets in meinem Beiseyn gemacht worden. Der Prof. Delezenne hat mich bei einem groſsen Theile der Versuche unterstützt, und die Ergebnisse derselben sind den mehrsten Mitgliedern des conseil central de salubrité vorgelegt worden.

Digitized by Google

Erstes Probebacken.

Es wurden verschiedene Mehlsorten angewendet.

1) Feines Mehl vom Jahr 1829, was den Fehler hat (*d'être lâchante*), langsam aufgehenden Brotteig z geben, und das daher immer festes flaches Brot gab.
2) Mehl zu sogenanntem Mittelbrot (*pain d'avôt*). Wei- zenmehl, *blanzé* genannt, von dem das feine Mehl *nicht*, wohl aber 25 Proc. Kleie abgesondert war.
3) Mehl zu hausbackenem oder halbweiſsem Brot, aus einer Sorte Weizen gemacht, die *macaux* genannt wird, und von der nur 10 Procent Kleie abgesondert waren.

Die gleichen Mengen Sauerteig und Hefen wurden unter den Teig von einer wie der andern dieser Mehlsorten geknetet. Gleich darauf wurden die gleichen Verhältnisse Mehl, Sauerteig, Hefen und Wasser zusammengeknetet, und mit mehr oder weniger schwefelsaurem Kupferoxyd versetzt. Um die Mengen dieses Salzes genauer abmessen zu können, löste ich es in einer bestimmten Menge Wasser auf. Die Auflösung wurde genau abgemessen und der zur Bereitung des Brotteigs bestimmten Menge Wasser zugesetzt. Der Teig wurde schnell durchgearbeitet, und so lange auf mit Leinwand bedeckten Brettern gelegt, bis der Bäcker ihn für fertig zum Einschieben in den Backofen erklärte.

Ich bemerkte, daſs vor dem Einschieben in den Backofen die verschiedenen Brotteige ohne Kupfersalz sich weniger in die Höhe als in den Umfang ausdehnten, während die, welche nur den kleinsten Antheil schwefelsauren Kupferoxyds enthielten, sich mehr und mehr aufblähten und auf der Oberfläche aufrissen, dabei sehr elastisch und blasig geworden waren. Die Brotteigmassen, die die gröſsten Antheile schwefelsauren Kupferoxyds enthielten, blieben flach, nahmen wenig an Umfang zu, und gingen nicht auf.

Sämmtliche Brote wurden zugleich in den Backofen ge-

Digitized by Google

geschoben. Das Backen dauerte etwa eine halbe Stunde, und gab die in der Tabelle No. I. (am Schlusse dieser Abhandlung, S. 483.) aufgezeichneten Resultate.

Ueber die Ergebnisse des ersten Probebackens.

Nach der bei den Bäckern allgemein bestehenden Meinung giebt es bei der Verwandlung des Teigs in Brot zwei bestimmte Wirkungen, wovon die eine der Sauerteig hervorbringt, indem er die Teigmasse festmacht (das heiſst das Auseinanderflieſsen verhindert), und die andere durch die Hefen und zum Theil auch durch den Sauerteig veranlaſst wird, indem dadurch die Gährung entwikkelt, das Gas frei gemacht, und so der Umfang des Brotes vergröſsert wird.

Bei allen diesen Proben hat es sich gezeigt, daſs die Beimischung des schwefelsauren Kupferoxyds in den kleinsten Verhältnissen den Brotteig festmacht, und es verhindert, daſs er beim Aufgehen und beim Backen aus einander läuft oder flach wird.

Jedesmal hat aber ein Uebermaſs von schwefelsaurem Kupferoxyd wesentlich geschadet, indem es den Brotteig so fest machte oder zurückhielt, daſs er nicht aufgehen konnte; auch scheint es in diesem Fall den Fortgang der Gährung aufgehalten zu haben.

Die Wirkung des schwefelsauren Kupferoxyds und des Sauerteigs auf den Brotteig scheint daher ganz ähnlich zu seyn. Beide geben dem Teig die nöthige Festigkeit, die entwickelten Luftblasen einzuschlieſsen und das Brot lockerer und blasiger zu machen.

Wird dem Brotteig zu viel schwefelsaures Kupferoxyd zugesetzt, so ist der zusammenziehende Geruch des Brotes ganz dem ähnlich, als wenn dem Brotteig zu viel Sauerteig zugesetzt worden.

Es ist daher anzunehmen, daſs viele Probebrote nach dem Backen feucht und teigig geblieben sind, weil das schwefelsaure Kupferoxyd und der Sauerteig auf gleiche

Digitized by Google

Weise gewirkt und der Masse hinderlich gewesen sind sich auszudehnen und blasig zu werden, und daſs man einen besseren Erfolg, d. h. besser ausgebackenes Brot in diesen Fällen erhalten haben würde, wenn man dieselbe Menge des schwefelsauren Salzes mit Fortlassung eines Theils oder alles Sauerteigs angewendet hätte.

Auſser der Eigenschaft, die das schwefelsaure Kupferoxyd hat, wenn es in nicht gröſserer Menge als $\frac{1}{10000}$ dem Brotteig beigemengt ist, das Brot schöner, blasiger und leichter zu machen, so hält dieſs schwefelsaure Salz in demselben noch eine gröſsere Menge Wasser zurück, bis auf den Punkt des No. 7. (Brot von feinem Mehl zu $\frac{1}{18720}$), welches beinah nichts von seinem Gewicht beim Ausbacken im Backofen verloren hat.

Um bestimmt darzuthun, ob dieses gröſsere Gewicht des Brotes durch das schwefelsaure Kupferoxyd veranlaſst werde, und um mich zu überzeugen, ob die Fortlassung des Sauerteigs bei dem mit schwefelsaurem Kupferoxyd übersetzten Brote eine vortheilhafte Wirkung hervorbringe, ordnete ich ein zweites Probebacken an, bei welchem ich die Mengen der Beimischungen abänderte und genau alle Substanzen abwiegen lieſs, die zum Brotteig genommen wurden. Die Ergebnisse dieses Probebackens sind in der zweiten Tabelle am Schlusse dieser Abhandlung aufgeführt.

Ueber die Ergebnisse des zweiten Probebackens.

Meine Muthmaſsungen sind durch die Ergebnisse des zweiten Probebackens bestätigt worden.

1) Die vortheilhafte Einwirkung des Kupfervitriols, selbst wenn es nur in einem Verhältniſs von $\frac{1}{69800}$ zugesetzt wird, ist erwiesen.

2) Die Vergröſserung des Gewichtes des Brotes durch den Zusatz des Kupfersalzes ist auffallend gewesen. Sie hat auf ein Pfund Brot bis zwei Loth bei der Anwendung von $\frac{1}{5060}$ schwefelsauren Kupferoxyds und zugehöri-

Digitized by Google

gem Wasserzusatz zum Brotteig betragen. Dieselbe Menge Wasser zum Brotteig gesetzt, aber ohne zugemengten Kupfervitriol, hat sehr breites, schweres und genau halb so hohes Brot gegeben, das 8 Proc. weniger wog, als dasjenige, bei welchem Kupfervitriol zugesetzt war.

3) Wenn man dem Brotteig Kupfervitriol zusetzt, so ist es vortheilhaft den Sauerteig fortzulassen, denn das Brot, welches mit einem Zusatz von $\frac{1}{1800}$ Kupfervitriol beim ersten Probebacken, wegen der gleichzeitigen Einwirkung des Sauerteigs und der starken Dosis Kupfersalz, ein wahrer Teigkloſs blieb, war bei diesem zweiten Probebacken durch Weglassung des Sauerteigs sehr schön, locker und gut aufgegangen. Das Uebermaſs des Kupfersalzes verrieth sich nur durch den unangenehmen Geruch und durch die grünliche Farbe des Brotes.

Die Anwendung von $\frac{1}{3400}$ Alaun oder $\frac{1}{3450}$ kohlensaures Ammoniak ist von keinem bemerkbaren Erfolg auf die Beschaffenheit des Brotes geblieben. Da nach einigen englischen Schriftstellern diese Salze bei der Brotbereitung in London angewendet werden sollen, so vermuthete ich, daſs die bei den Versuchen angewendeten Mengen dieser Salze zu gering waren, und stellte daher neue Versuche bei einem dritten Probebacken an.

Ueber die Ergebnisse des dritten Probebackens.

Die Ergebnisse des dritten Probebackens, Taf. III. S. 485. berechtigen zu nachstehenden Folgerungen:

1) Daſs der Alaun, in einem Verhältniſs von $\frac{1}{686}$, und vorzüglich von $\frac{1}{176}$ angewendet, eine analoge Wirkung wie eine kleine Menge Kupfervitriol hervorbringt, indem er ein sehr weiſses, blasiges, lockeres und daher leichtes Brot giebt, und daſs die Wirkung noch vortheilhafter ist, wenn man etwas Zucker, z. B. $\frac{1}{352}$, zusetzt.

2) Daſs $\frac{1}{442}$ kohlensaure Bittererde kein auffallend besser aufgegangenes Brot als das gewöhnliche ohne diese

31 *

Beimiſchung bereitete giebt, daſs aber das Brot durch dieſes Salz einen hellgelben Farbenton erhält.

3) Daſs man beſſeres Brot durch einen Zuſatz von $\frac{1}{342}$ Seeſalz zum Brotteig erhält.

4) Daſs ein Zuſatz von $\frac{1}{352}$ Zucker zum Brotteig etwas höheres Brot giebt, aber zugleich Blaſen verurſacht.

5) Daſs Zinkvitriol ganz wie Kupfervitriol, aber viel weniger in die Augen fallend wirkt.

6) Daſs beigemengtes kohlenſaures Ammoniak, kohlenſaures Kali, ſchwefelſaures Natrum, ſchwefelſaures Kali, Eiſenvitriol, Schwefelſäure, Eſſigſäure und Alkohol keinen in die Augen fallenden Einfluſs auf die Beſchaffenheit des Brotes haben.

Die Wirkung, die im neunten Verſuch eine kleine Menge Seeſalz auf die Beſchaffenheit des Brotes geäuſsert hat, iſt Veranlaſſung geweſen, daſs ich den Verſuch mit der doppelten Menge oder $\frac{1}{176}$ Seeſalz wiederholt habe. Es hat ſich dabei eine auffallende Wirkung gezeigt. Das damit bereitete Brot war ſo ſchön aufgegangen, als das ſchönſte, was durch Beihülfe des Kupfervitriols und des Alauns erhalten worden, nur war es nicht ſo weiſs, weil es gröſsere Augen hatte.

Da durch die Anwendung von kohlenſaurem Ammoniak auch kein auffallendes Reſultat erhalten worden, ſo wiederholte ich den Verſuch mit denſelben Mengen dieſes Salzes, aber auch dieſes Mal zeigte ſich keine auffallende Wirkung deſſelben.

Da die eigenthümliche Wirkung, welche ſich bei Anwendung der kohlenſauren Bittererde gezeigt hatte, durch einen Irrthum verurſacht ſeyn konnte, ſo habe ich mich durch Wiederholung des Verſuches überzeugt, daſs dieſe Abweichung nur durch das Bittererdeſalz entſtanden war. Das Brot war auch bei dem wiederholten Verſuch ſehr gleichartig in die Höhe gegangen, und von einer ſehr deutlichen gelben Farbe.

Eben ſo habe ich noch einen zweiten Verſuch mit

Digitized by Google

Zusatz von $\frac{1}{630}$ Zinkvitriol zum Brotteig gemacht, aber ich habe keinen groſsen Unterschied zwischen dem damit bereiteten Brote und anderem gleichzeitig unter denselben Verhältnissen ohne allen fremden Zusatz gebackenen Brote bemerkt.

Ueber die Wirkungen der verschiedenen dem Brotteig zugesetzten fremden Körper in den vorstehenden Versuchen.

Der Kupfervitriol äuſsert eine ungemein kräftige Wirkung auf die Gährung und auf das Aufgehen des Brotes. Sie zeigt sich auf eine sehr in die Augen fallende Weise, wenn auch nur $\frac{1}{70000}$ dieses Salzes unter den Brotteig gemengt ist, was ungefähr ein Theil Kupfer auf 300,000 Brot oder 1 Gran Kupfervitriol auf 7½ Pfund Brot beträgt. Am stärksten geht der Brotteig bei einem Zusatz von $\frac{1}{30000}$ bis $\frac{1}{15000}$ in die Höhe. Bei einem gröſseren Zusatz wird das Brot naſs, nimmt eine weniger weiſse Farbe und einen eigenthümlichen unangenehmen Geruch an, der dem Geruch des Sauerteigs ähnlich ist.

In Folge der besonderen Eigenschaft des Kupfervitriols, das Auseinanderflieſsen des Teigs zu verhindern, kann man, durch seine Anwendung, aus nassem Mehle, das gewöhnlich schlecht aufgehenden Brotteig giebt, gut aufgegangenes Brot erhalten. Die Gewichtsvermehrung des Brotes kann durch Beihülfe des Kupfervitriols, indem er eine gröſsere Menge Feuchtigkeit in demselben zurückhält, ohne sonstigen Nachtheil in der Beschaffenheit desselben, bis auf $\frac{1}{16}$ oder zwei Loth auf ein Pfund gehoben werden.

Das Bedürfniſs, den Teig zusammenzuhalten und zu verhindern, daſs er aus einander flieſst, zeigt sich vorzüglich im Sommer. Man erreicht seinen Zweck gewöhnlich durch Anwendung des Sauerteigs und des Seesalzes; aber eine geringe Menge Kupfervitriol ist hinreichend, beide

Digitized by Google

Zusätze zum Brotteig entbehrlich zu machen, nur muſs dann etwas mehr Hefen angewendet werden.

Die Wirkung des Kupfervitriols ist übrigens dem feinen Brote günstiger als dem gröberen. Dieses letztere, das schon von sich selbst feucht ist, wird es noch mehr, sobald man von diesem Salze zusetzt.

Die gröſste Menge Kupfervitriol, die man dem Brote ohne Nachtheil seiner Schönheit zusetzen kann, ist $\frac{1}{7000}$. Uebersteigt man dieſs Verhältniſs, so wird das Brot naſs mit sehr groſsen Augen. Bei einem Zusatz von $\frac{1}{1500}$ Kupfervitriol kann der Teig nicht mehr aufgehen, alle Gährung ist verhindert, und das Brot erhält eine grüne Farbe. Läſst man in diesem Falle den Sauerteig fort und setzt dem Brotteig mehr Wasser zu, so geht das Brot gut auf, wird gehörig löchrig mit groſsen Augen, bleibt aber doch naſs, grünlich, und mit einem starken und sehr unangenehmen Sauerteig-Geruch.

Es scheint mir klar, daſs beim Brotwerden weniger die Säure als die Base des Kupfervitriols von Einfluſs ist, denn weder Schwefelsäure, noch schwefelsaures Natrum, noch schwefelsaures Eisen haben in vergleichenden Versuchen ein ähnliches Resultat hervorgebracht.

Alaun.

Die Wirkungen des Alauns sind bei der Brotbereitung fast dieselben, die man durch den Kupfervitriol erhält, nur muſs man beträchtlichere Mengen davon anwenden. Man hat gesehen, daſs ein Zusatz von $\frac{1}{1500}$ Kupfervitriol schon zu groſs ist, und statt das Aufgehen des Teiges zu befördern, es vermindert. Die nämliche Menge Alaun bewirkt keinen ähnlichen Erfolg. Um eine merkliche Wirkung zu haben, muſs die Menge des zugesetzten Alauns bis auf $\frac{1}{686}$ erhöht werden, und bei einem Verhältniſs von $\frac{1}{16}$ ist die Wirkung desselben noch merkwürdiger.

Ich bezweifle jedoch nicht, daſs eine noch gröſsere

Digitized by Google

Menge Alaun, eben so wie ein Uebermaſs von Kupfervitriol, die Entwicklung des Teigs verhindern wird. Die Wirkung des Alauns auf den Brotteig ist durchaus ganz dieselbe, wie die des Kupfervitriols; er hält den Teig zusammen und befördert das Indiehöhegehen.

Zinkvitriol.

Die Wirkungen des Zinkvitriols sind wenig auffallend, und gar nicht mit den des Kupfervitriols zu vergleichen. Auch bin ich überzeugt, daſs dieses Salz nie von groſser Wirkung beim Brotbacken seyn kann, und daſs, wenn seine Anwendung stattgefunden hat, sie nur durch Verwechslung mit dem Kupfervitriol geschehen ist.

Kohlensaure Bittererde.

Die kohlensaure Bittererde ist von keinem groſsen Einfluſs auf das Aufgehen des Brotes. Aber in einem Verhältniſs von $\frac{1}{442}$ theilt sie dem Brote eine gelbliche Farbe mit, wodurch die dunklere Farbe, welche schlechtere Mehlsorten dem Brote geben, vortheilhaft gemildert werden kann.

Kohlensaures Ammoniak.

Das kohlensaure Ammoniak hat, ungeachtet ich es im Uebermaſs angewendet habe, mir nie ein bedeutendes Resultat gegeben. Ich glaube nicht, daſs es zum besseren Aufgehen des Brotteigs beiträgt, es müſste denn zu diesem Zweck in sehr starken Dosen angewendet werden. Indem es sich im Brote in essigsaures Ammoniak verwandelt, dient es vielleicht dazu, wie das kohlensaure Kali und Natrum, dem Brote mehr Feuchtigkeit zurückzuhalten.

Seesalz.

Das Seesalz besitzt, wie der Alaun und wie der Kupfervitriol, nur in geringerem Maaſse, die Eigenschaft,

Digitized by Google

den Teig zusammenzuhalten; auf jeden Fall giebt es nie eine so gut aufgegangene, und daher so weiſse Krume, als jene beiden, dafür ist die Beschaffenheit des Brotes aber besser. Denn die sehr blasigen und löchrigen Brote, die man durch die gehörige Menge Kupfervitriol oder Alaun erhält, haben keinen besonderen Wohlgeschmack, ihre Krume gleicht eher der Krume eines lockeren Kuchen, als der von gewöhnlichem guten Brote.

Das Kochsalz vermehrt auch das Gewicht des Brotes, und der Zusatz des Salzes, statt dem Bäcker Unkosten zu machen, verhilft ihm durch den Gewichtsunterschied zu einem Gewinn.

Eine hinreichende Menge Salz kann, wie der Kupfervitriol und der Alaun, die Anwendung des Sauerteigs beschränken, und selbst bei einem anhaltenderen Durchkneten des Teigs braucht man nur eine geringere Menge dieses Gährungsmittels zuzusetzen.

Wiederholung.

Alle Versuche, über die Anwendung des Kupfervitriols beim Brotbacken, gewähren die Beruhigung, daſs es der analytischen Chemie möglich ist, auch den kleinsten Antheil dieser nachtheiligen Beimischung zu entdecken.

Jedermann kann sich durch ein sehr einfaches Verfahren vom Kupfergehalt des Brotes überzeugen, wenn auch die angewendete Menge des Kupfervitriols so gering ist, daſs sie dem Wohlbefinden keine bedenklichen Zufälle verursachen dürfte.

Ein Tropfen eisenblausaure Kaliauflösung auf die Krume des Brotes getröpfelt, färbt solche nach wenigen Augenblicken rosenroth, selbst wenn sie nur $\frac{1}{9000}$ schwefelsaures Kupferoxyd enthält. Die Untersuchungen haben die Ueberzeugung gewährt, daſs der Kupfervitriol dem Brote nicht in groſsen Mengen zugesetzt werden kann, selbst nicht einmal im Verhältniſs von $\frac{1}{3500}$, ohne seiner Schönheit zu schaden, und ohne die Gährung des Brotteigs zu verhindern, ja daſs sogar, sobald die Menge des Kupfervitriols nur $\frac{1}{7000}$ beträgt, sie sich sogleich durch einen säuerlichen, höchst unangenehmen Geruch verräth.

Ich werde es nicht versuchen, die Ursachen der Erscheinungen beim Brotbacken zu erklären, die durch den Kupfervitriol, den Alaun, das Seesalz und durch alle die anderen Körper, von denen hier die Rede gewesen ist, her-

Digitized by Google

vorgebracht werden. Die Meinungen, die man sich über die wechselweisen Einwirkungen, wodurch die Gährung des Brotteigs entsteht, gebildet hat, sind noch nicht gehörig aufgeklärt. Die Gelehrten haben sich mit einem Gegenstand von so groſser Wichtigkeit, der wohl ihrer ernstesten Aufmerksamkeit werth ist, noch zu wenig beschäftigt. Möchten die zahlreichen Ergebnisse, die ich in dieser Denkschrift angeführt habe, einige Aufklärungen geben, und einer vollständigeren und ausführlicheren Erklärung der Erscheinungen beim Brotbacken den Weg bahnen. Die Wissenschaft, wie die Technik, würde dabei gewinnen, und der Bäcker würde nicht, um dem Brote die gewünschten Eigenschaften zu geben, blind umher tasten. Die Wissenschaft würde eine der ältesten und am wenigsten verbesserten Kunst, deren Fortschreiten von unmittelbarem Einfluſs auf das öffentliche Wohl ist, vervollkommnen. Vorzüglich würde die wissenschaftliche Kenntniſs dessen, was beim Brotbacken vorgeht, bei der Anwendung geringerer Mehlsorten, von groſsem Nutzen seyn. Bei solchen Untersuchungen sind die geringsten Resultate oft von groſser Wichtigkeit. Von welchem Nutzen ist nicht schon der Gebrauch des Hefens, und welche Vortheile hat nicht schon die Anwendung der Kartoffelstärke bei der Brotbereitung gewährt?

Man hat groſse Bücher über den Getreidebau geschrieben, aber mit Mühe findet man wenige Seiten, auf denen über die Brotbereitung, den Zweck fast des ganzen Getreidebaues, gehandelt wird.

Die Chemiker haben die Bereitung und Raffinirung des Zuckers untersucht, sie haben die Gallerte aus den Knochen geschieden, sie haben die Weinbereitung verbessert, haben alle Sorten Weinliqueure zu machen gelehrt und die Branntweinverbesserung veranlaſst, aber mit dem Brote, was von allen Nahrungsmitteln das wichtigste ist, hat sich keiner gründlich beschäftigt. Höchstens hat man, und auch erst seit nicht gar langer Zeit, einige Maschinen zum Teigkneten vorgeschlagen.

Die Dunkelheit, in welcher sich die Kunst des Brotbackens befindet, und die höchst unvollständige Erklärung der Erscheinungen beim Gährungsproceſs des Brotteigs, tragen dazu bei, die Bäcker auf geheime Mittel von einer traurigen Wichtigkeit aufmerksam zu machen und zu deren Anwendung zu ermuntern.

Digitized by Google

Die merkwürdigen Wirkungen des Kupfervitriols und des Alauns werden auf gewinnſüchtige Bäcker immer ihren Einfluſs ausüben. Weiſseres, lockeres, feineres, und bei derselben Menge Mehl mehr in's Gewicht fallendes Brot zu erzielen, sich die Mühe zu ersparen, Sauerteig zu bereiten, sind zu groſse Vortheile, um gewissenlose Bäcker zu veranlassen, die Gesundheit der Verzehrer nicht weiter zu berücksichtigen. Aber die Regierung wird hoffentlich, da, wo so groſse Interessen täglich gefährdet werden, nicht stumm und unthätig bleiben.

Das Brot ist übrigens nicht das einzige Nahrungsmittel, was die Aufmerksamkeit der Regierung verdient. Wie viele traurige Zufälle werden nicht täglich durch schädliche Beimischungen unter andere Nahrungsmittel herbeigeführt? Wie viele unglückliche Erfahrungen haben uns auf die Verfälschung der Nahrungsmittel aufmerksam gemacht? Da giebt es Essig durch Schwefelsäure verfälscht, verfälschten Wein, Bonbons mit chromsaurem Blei, Quecksilberoxyd und Scheel'schem Grün gefärbt, Butter mit Bleiweiſs verfälscht, Wurst mit Grünspahn vergiftet, inländischen Rohzucker mit schwefelsaurem Kupferoxyd verunreinigt, und viele andere Dinge, deren Namensverzeichniſs hier zu lang werden dürfte.

Die Gesundheitspolizei beaufsichtigt wohl die zum Verkauf gestellten Nahrungsmittel, aber sie besitzt nicht immer die besonderen Kenntnisse, um Untersuchungen zu leiten, die dazu bestimmt sind, eine groſse Anzahl Betrügereien und gefährlicher Gewohnheiten aufzudecken, und leider wird die Aufmerksamkeit der Behörden nur zu oft erst durch die unglücklichen Folgen geweckt.

Während ich die Materialien dieser verschiedenen Arbeiten sammelte, habe ich in Erfahrung gebracht, daſs die Regierung den Beschluſs gefaſst hat, diese Brotverfälschungen strenge zu unterdrücken, daſs sie daher von der Academie Royale de Médecine einen Bericht über die Mittel, die Gegenwart des schwefelsauren Kupfer- und Zinkoxyds im Brote zu entdecken, verlangt hat.

Hoffen wir, daſs die Strenge der Gesetze und eine kräftige Aufsicht über die Güte der Nahrungsmittel die Wiederkehr so schwerer Miſsbräuche verhindern werde.

Digitized by Google

No.	...ungen.
	...zusammenhang, grün von Farbe, von höchst ...n schwefelsaurem Kupferoxyd zugeschrieben
15.	...it einem nicht unangenehmen Kleiengeruch.
16.	...zerreiblicher, dunkler von Farbe, schwerer,
17.	...sser, mit groſsen und vielen Rissen, ohne ...hr starkem und unangenehmen Geruch nach ...Kupferoxyd hat sehr geschadet.

[*]

es Weiſsbrot.
l ausgebacken, aber etwas platt, zusammengezo-
·efüge, angenehmer süſser Geruch. Der Versuch
nur gemacht, um ein Brot zum Vergleichen zu

schöner und besser aufgegangen als No. 1., von
·er Weiſse, feinerem Korn, angenehmen süſsen
.

ches Brot, sehr elastisch, löchrig wie ein Schwamm,
ſsen und gleichen Augen, angenehmen Geruch.
ste Probebrot.
n, aber etwas weniger leicht und elastisch als
Von etwas feuchterem weniger weiſsen Ansehn.
eruch etwas weniger süſs. Das Uebermaſs des
lsauren Kupferoxyds zeigt sich schon durch das
Ansehn.
nes, sehr leichtes, sehr elastisches, sehr löchri-
ot, mit sehr groſsen Augen, vorzüglich unter der
Kruste. Die gröſsere Menge des angewendeten
rs hat eine vorzügliche Wirkung hervorgebracht,
as Brot ist viel schöner als No. 4.
nes Brot, aber von grünlicher Farbe, ein wenig
sehr blasig mit groſsen Augen, gleichartig, Ge-

Digitized by Google

vorherge-
nden war, so hat man den Zusatz von
efen etwas vermindert.

[**]

Digitized by Google

Digitized by Google

IV. *Ueber den Waſſergehalt des ſchwefelſauren Strychnins und Brucins;* *von Justus Liebig.*

Das Material, welches mir zu früheren Verſuchen über die organiſchen Baſen gedient hatte, reichte nicht immer hin, um ſie in der Ausdehnung anzuſtellen, als es nothwendig geweſen wäre. Ich verdanke neuerdings der groſsen Gefälligkeit des Hrn. Wittstock eine Quantität von ausgezeichnet reinem Strychnin und Brucin, welche zur Vervollſtändigung meiner früheren Arbeit verwendet wurde.

Das Strychnin, welches mir Hr. Wittstock zuſtellte, war, wie es mir ſcheint, ſeiner Kryſtallform nach von dem des Hrn. Merck verſchieden; eine Verſchiedenheit, welche Hr. Prof. G. Rose näher zu beſtimmen ſich entſchloſſen hat.

Bei der Analyſe des Cinchonins habe ich angeführt, daſs trocknes Cinchonin in trocknem ſalzſauren Gaſe ſich mit einer Portion dieſer Säure verbindet, die derjenigen genau gleich iſt, welche man durch eine Analyſe auf naſſem Wege daraus gefunden hat, daſs es dennoch ſcheint, als ob die Cinchoninſalze im Allgemeinen kein chemiſch gebundenes Waſſer enthielten.

Das Cinchonin iſt nun nebſt dem Strychnin unter dieſen Baſen die einzige, welche kein Kryſtallwaſſer enthält, in dieſer Beziehung, und in der Vorausſetzung, daſs die Analyſen der Cinchoninſalze von Baup richtig ſind, war es wahrſcheinlich, daſs die Strychninſalze ebenfalls kein chemiſch gebundenes Waſſer enthalten.

Um gewiſs zu ſeyn, daſs das Strychnin des Herrn Wittstock von dem des Hrn. Merck in chemiſcher Beziehung nicht verſchieden ſey, habe ich das Sättigungsvermögen deſſelben beſtimmt.

Digitized by Google

0,536 Grm. trocknes Strychnin (W.) nehmen im salzsauren Gase um 0,079 Grm. zu, darnach nehmen 100 Th. Strychnin, 14,6 Salzsäure entsprechend, 16,08 Schwefelsäure auf; ein Resultat, welches mit meinen früheren nahe übereinstimmt.

1,000 Grm. bei 100° getrocknetes schwefelsaures Strychnin lieferten durch die Verbrennung mit Kupferoxyd 2,374 Kohlensäure und 0,540 Wasser; eine gleiche Quantität gab in einem zweiten Versuch 2,375 Kohlensäure und 0,538 Wasser. Da nun 100 Th. Strychnin durch die Verbrennung 276 Kohlensäure liefern, so besteht das schwefelsaure Salz aus:

86,012	Strychnin
13,828	Schwefelsäure
0,160	Verlust
100,000.	

0,860 Th. Strychnin würden ferner	0,5194	Wasser
geliefert haben, es ist erhalten worden	0,5370	-
	0,0176	Wasser.

Diese 0,0176 Grm. Wasser sind auf 1,000 Grm. Salz mehr erhalten worden, als erhalten werden durften; allein da dieſs noch keine 2 Proc. des Salzes ausmacht, so ist es ganz wahrscheinlich, daſs es lediglich von hygroscopischem Wasser herrührt, welches dem Kupferoxyde anhing, insbesondere da das Gemenge vor der Verbrennung nicht nochmals vermittelst der Luftpumpe entwässert worden war.

Es geht daraus hervor, daſs die vegetabilischen Salzbasen, welche an und für sich kein Krystallwasser enthalten, auch in ihren Salzen kein Wasser bei 100° zurückhalten. Bei dem Brucin, welches unter allen vegetabilischen Basen die gröſste Menge Wasser im krystallisirten Zustande aufnimmt, war es vorauszusehen, daſs sich dieser Wassergehalt theilweise in seinen Salzen wiederfinden würde.

Digitized by Google

Um die ganze Menge des in dem schwefelsauren Brucin enthaltenen Krystallwassers, und um diejenige Menge zu bestimmen, welche das entwässerte Salz zurückhält, wurde eine Portion im lufttrocknen Zustande verbrannt, und eine andere durch anhaltendes Erhitzen vorher von dem Krystallwasser befreit. Das Wiegen des entwässerten Salzes wird durch die auſserordentliche Begierde sehr erschwert, mit welcher dasselbe das verlorene Wasser wieder anzieht; eine Quantität von 1,500 Grammen zog auf der Wage in weniger als einer Viertelstunde 0,087 Grm. Wasser an.

1,000 Grm. entwässertes schwefelsaures Brucin lieferten durch die Verbrennung mit Kupferoxyd 2,130 Grm. Kohlensäure. Da nun 100 Th. Brucin unter denselben Umständen 256 Kohlensäure geben, so entsprechen diese 2,130 Kohlensäure 0,832 Brucin. Nach früheren Versuchen sättigen ferner 100 Th. Brucin, 13,05 Salzsäure entsprechend, 14,39 Schwefelsäure.

Das Salz besteht mithin aus:

		Berechnet.		
83,20	Brucin	82,64	1	Atom
11,97	Schwefelsäure	12,01	1	-
4,83	Wasser	5,32	2	-
100,00		100,00.		

1,000 Grm. lufttrocknes Salz lieferten ferner 0,985 Kohlensäure und 596 Wasser. Berechnet man danach seine Zusammensetzung, so erhält man:

	Berechnet			
77	78,3	Brucin	1	Atom
11	11,5	Schwefsäure	1	-
12	10,2	Wasser	4	-
100	100,0			

Die Abweichung dieser Versuche, in welchen die das Brucin sättigende Säure nicht nach dem Mischungsgewicht

des Brucins, sondern nach dem gefundenen Sättigungsvermögen berechnet worden ist, von dem theoretischen Resultat ist so groſs, daſs sie bei Analysen von anorganischen Salzen nur als annähernd betrachtet werden dürfte; allein da in diesen Versuchen alle Fehler auf den Wassergehalt fallen, den ich bis jetzt auf keine andere Weise zu bestimmen weiſs, so dürfte das gefundene Resultat wohl als eine Bestätigung des berechneten angesehen werden können.

V. *Thatsachen zur Geschichte des Berlinerblau's; von Hrn. Gay-Lussac.*

(*Ann. de chim. et de phys. T. XLVI. p.* 73.)

Einige der folgenden Beobachtungen gehören Hrn. Robiquet an*), und ich erwähne sie nur als eine Bestätigung derjenigen, welche von diesem geschickten Chemiker gemacht worden sind.

Berlinerblau, erhalten durch Fällung von Eisenchlorid mit Kaliumeisencyanür, wurde sehr oft mit kaltem Wasser gewaschen; dennoch war das Wasser von der letzten Aussüſsung gelb, und schlug Eisenchlorid-Lösung blau nieder. Als nun die Waschungen mit heiſsem Wasser fortgesetzt wurden, lief dieses noch mehr gefärbt ab; und zur Trockne verdunstet, gab es einen Rückstand, der sich im Wasser wieder löste, und mit Eisenchlorid einen reichlichen blauen Niederschlag gab. Nach einigen Waschungen nahm das Berlinerblau eine schmutzige und endlich eine rothbraune Farbe an. Nun wurde das Eisenchlorid nicht mehr von dem Wasser gefällt. Der Rückstand war in der That nichts anderes als reines Eisenoxyd; es erlitt beim Glühen keine Veränderung, und

*) *Ann. de chim. et de phys. T. XLIV. p.* 279.

enthielt auch nicht die geringste Spur von Alkali. Das Berlinerblau dagegen gab nach dem Glühen beständig Kali, so lange es das Waschwasser färbte, und erst nach seiner völligen Zerstörung hörte es auf dasselbe zu färben. Man bemerkt während dieser Umwandlung eine Entwicklung von Cyanwasserstoffsäure.

Aus diesem Versuche folgt, daſs das reinste Berlinerblau noch Kaliumeisencyanür enthält, und daſs es mit Hülfe der Wärme vom Wasser vollständig zersetzt wird, indem das Eisen Sauerstoff und das Cyan Wasserstoff aufnimmt.

Es wurde Eisenchlorid in einen Ueberschuſs von gelöstem Kaliumeisencyanür geschüttet, und, nachdem der Niederschlag sehr oft mit kaltem Wasser gewaschen worden war, die Flüssigkeit untersucht. Sie war bläulichgrün, wurde aber bei Erwärmung gelb und lieſs Eisenoxyd fallen. Sie konnte sogar eine sehr beträchtliche Menge des Berlinerblau, von dem sie abfiltrirt worden, zersetzen und in reines Eisenoxyd umwandeln.

Es wurde ein anderes Berlinerblau durch Eingieſsen von Kaliumeisencyanür in einen groſsen Ueberschuſs von Eisenchlorid bereitet. Nach vielmaligem Auswaschen war die Flüssigkeit bläulichgrün, wie zuvor, und zeigte auch genau die genannten Eigenschaften.

Diese beiden Versuche setzen es auſser Zweifel, daſs das Berlinerblau, welches mit einem Ueberschuſs von Kaliumeisencyanür oder von Eisenchlorid bereitet ist, beständig Kaliumeisencyanür an das Wasser abtritt. Zugleich löst das Wasser auch Berlinerblau; allein durch die Wirkung der Wärme zersetzt sich letzteres und bildet wieder Kaliumeisencyanür. Dieſs setzt voraus, daſs das Waschwasser alkalisch sey.

Es ist durch diese Versuche erwiesen, daſs das Berlinerblau, welches aus Kaliumeisencyanür und Eisenchlorid bereitet ist, beständig Kaliumeisencyanür zurückhält. Es ist zu bemerken, daſs die Waschwässer alkalisch seyn

Digitized by Google

müssen, weil sie das Berlinerblau zersetzen und auf Eisenoxyd zurückführen.

Die Menge des Kaliums, die nach unserer Annahme als Cyanür im Berlinerblau vorhanden ist, scheint nach der Zahl von Waschungen, die man mit ihm vornimmt, und nach der Bereitungsart sehr verschieden zu seyn. So gaben 100 Th. eines Berlinerblau's, welches aus Kaliumeisencyanür und einem Ueberschuſs von Eisenchlorid bereitet war, nach dem Glühen 1,442 Kali oder 2,004 Cyankalium; 100 Th. eines mit Ueberschuſs von Kaliumeisencyanür bereiteten Berlinerblau's gaben dagegen 8,684 Cyankalium.

Berlinerblau, welches man aus Eisenchlorid und Kaliumeisenchlorid (rothem Cyaneisenkalium) erhält, scheint identisch zu seyn mit den vorhergehenden Arten von Berlinerblau. Es giebt Kali beim Glühen, und das anfangs bläulichgrüne Waschwasser wird in der Wärme gelb und läſst Eisenoxyd fallen; es reagirt alkalisch und kann eine neue Quantität Berlinerblau zersetzen.

Diese alkalische Reaction des Waschwassers, welches anfangs sauer seyn könnte, ist sehr merkwürdig. Vielleicht ist diesem Ueberschuſs von Kali, der in der Kälte zu schwach ist, das Berlinerblau zu zersetzen, die Lösung des letzteren zuzuschreiben; denn Hr. Robiquet hat bemerkt, daſs die Lösung in dem Augenblick beginnt, wann die Flüssigkeit nicht mehr sauer ist.

Berlinerblau, bereitet aus Kaliumeisencyanür und schwefelsaurem Eisenoxydul in sehr geringem Ueberschuſs, verhält sich anders. So lange es wenig gefärbt ist, enthält das Waschwasser kaum Spuren von Kaliumeisencyanür; es läſst beim Sieden kein Eisenoxyd fallen, und hat nicht die geringste Menge von Berlinerblau zersetzt. Hat aber das Berlinerblau durch Austrocknung auf Tellern an der Luft eine sehr intensive Farbe erlangt, so färbt sich das Wasser, mit dem man es nun wäscht, bläulichgrün und zeigt eine alkalische Reaction. Erhitzt man es,

so

so wird es gelb, läſst Eisenoxyd fallen und zersetzt Berlinerblau. Es giebt alsdann mit Eisenchlorid einen sehr reichlichen blauen Niederschlag. In diesem Berlinerblau findet man 16 Procent Kaliumeisencyanür.

Behandelt man Kaliumeisencyanür mit Schwefelsäure, so entwickelt sich, wie bekannt, viele Cyanwasserstoffsäure, und es fällt ein weiſses Pulver nieder, welches einem langen Sieden mit Schwefelsäure widersteht. Nach vielmaligem Waschen mit siedendem Wasser wurde eine Portion desselben auf einem Teller an die freie Luft gesetzt. Die Masse trocknete ein, und nahm dabei eine schmutzigblaue, nur wenig dunkle Farbe an. Eine andere Portion, die mit verdünnter Schwefelsäure etwas benetzt der Luft ausgesetzt worden, wurde sehr schnell blau. Die Sauerheit verschwand vollständig, und es bildete sich schwefelsaures Kali. Mehrere andere Portionen Schwefelsäure wurden nach einander eben so neutralisirt, und der Niederschlag nahm eine immer mehr und mehr dunkele Farbe an.

Der weiſse Niederschlag roth geglüht, hinterlieſs Eisenoxyd, gemengt mit kohlensaurem Kali. Mit Kupferoxyd, dem zur Sättigung des Kali etwas schwefelsaures Kupferoxyd zugesetzt worden, verbrannt, gab der weiſse Niederschlag ein Resultat, aus dem sich zu ergeben schien, er bestehe aus:

Cyan	9	Proportionen
Eisen	7	- -
Kalium	2	- -

Nimmt man nun 7 Proportionen Kaliumeisencyanür an, worin enthalten sind:

14	Proportionen	Kalium
7	- -	Eisen
21	- -	Cyan

und läſst man dem Eisen 7, und dem Kalium 2 Proportionen Cyan, so bleiben $21-9=12$ Proportionen, oder vier Siebentel von dem im Salze enthaltenen Cyan, die 12 Proportionen Cyanwasserstoffsäure erzeugen, und es werden 12 Proportionen schwefelsaures Kali gebildet.

Das theoretische Resultat stützt sich auf die Annahme, daſs der weiſse Niederschlag hinlänglich Cyan enthalte, um blau zu werden, und daſs ihm alles fehlende vom

Digitized by Google

Kalium geliefert werde. Das weiſse Cyanür würde demgemäſs bestehen aus:

7	Proportionen	Eisen
2	- -	Kalium
9	- -	Cyan.

Und wenn das Kalium, indem es sich oxydirt, sein Cyan an's Eisen abtritt, bleiben nur 7 Proport. Eisen und 9 Proport. Cyan, die, zur Bildung von Berlinerblau, sich vertheilen in

3	Proportionen	Eisencyanür
4	- -	Eisencyanid.

Um diese theoretische Zusammensetzung des weiſsen Eisencyanürs zu prüfen, wurden 3 Grm. desselben durch's Glühen zersetzt. Es wurden erhalten:

Eisenoxyd	1,530	Grm.
Kalium	0,431	-

Man hätte erhalten müssen: 1,625 Grm. Oxyd und 0,465 Grm. Kalium. Zu bemerken ist indeſs, daſs die beiden ersten Zahlen fast in demselben Verhältniſs stehen, wie die beiden letzteren; und dieſs beweist nur, daſs das dem Glühen unterworfene Salz nicht vollkommen trokken war.

Bei der Einwirkung der Schwefelsäure auf das Kaliumeisencyanür löst sich kein Eisen; vielmehr bleibt dieses gänzlich im weiſsen Cyanür.

Das Kupfereisencyanür gab 6,7 Proc. Kaliumeisencyanür; das von Silber gab 9,3.

Das Blei-Eisencyanür tritt noch, nach einer ziemlich beträchtlichen Anzahl von Waschungen, ein wenig Kaliumeisencyanür an das Wasser ab, das dadurch gelb gefärbt wird, und die Eigenschaft erhält, mit Eisenchlorid Berlinerblau zu geben. Es findet sich auch Kali in diesem Salze, doch weniger als in dem Silbersalze; eine Portion davon bleibt mit dem Bleioxyd verbunden. Wegen des Kali's im Blei-Eisencyanür kann man aus diesem durch die von Berzelius angewandte Zersetzung mit Schwefelwasserstoff keine reine Eisencyanwasserstoffsäure ausziehen. Das Verfahren von Robiquet ist in dieser Beziehung weit vorzüglicher.

Eben so wenig kann man durch Zersetzung des Berlinerblau's mit Ammoniak reines eisencyanwasserstoffsaures Ammoniak erhalten; denn glüht man dieses, findet man in dem Rückstand immer viel Kaliumeisencyanür.

Digitized by Google

Das Blei-Eisencyanür zeigt bei Erhitzung eine bemerkenswerthe Erscheinung. Zuerst erhält man Stickgas, gemengt mit Cyan und cyanwasserstoffsaurem Ammoniak. Die Masse, obgleich sie roth ist und nichts mehr verliert, wird mit einmal glühend und läſst fast augenblicklich eine groſse Menge Stickgas entwickeln. Der Rückstand, bei Ausschluſs der Luft erkaltet, hat eine schwarze Farbe, ist einige Grade oberhalb der gewöhnlichen Temperatur pyrophorisch, und giebt an feuchter Luft reichlich Ammoniak, von dem er auch viel mit Wasserdampf in der Rothglühhitze erzeugt. Nach freiwilliger Entzündung der Masse bleibt eine Verbindung von zwei Proportionen Bleioxyd und einer Proportion Eisenoxyd zurück, die rothbraun und vor dem Löthrohr sehr schmelzbar ist. Das starke Erglühen, welches das Blei-Eisencyanür beim Erhitzen zeigt, deutet sicherlich auf die Entstehung einer neuen sehr innigen Verbindung. Was für eine Verbindung dieſs aber sey, das kann nur eine neue Untersuchung lehren.

VI. *Bemerkungen über das Chlorcyan; von Hrn. Serullas.*

(*Journ. de chim. medicale Année* 1831, *p.* 129.)

Ich habe früher gezeigt *), daſs die gasförmige Verbindung von Chlor und Cyan, welche man ehedem für eine Säure gehalten hat, nur ein Chlorcyan ist, und wie das von mir entdeckte Brom- und Jod-Cyan durchaus nicht die Eigenschaften einer Säure besitzt.

Unter den neuen Eigenschaften, welche ich im Chlorcyan ($NC + Cl$) aufgefunden habe, ist ohne Widerrede am merkwürdigsten die, daſs es flüssig wird und endlich erstarrt, wenn man es durch ein Kältegemisch von $2\frac{1}{2}$ Th. zerstoſsenen Eises und 1 Th. Kochsalz nach und nach in eine Temperatur von -18° versetzt. Es schieſst dabei gänzlich in langen durchsichtigen Krystallen an.

Man kann diesen Körper in einer einzigen Flasche in sehr groſser Menge auffangen. Zu dem Ende bereitet man es erst nach meiner Angabe, indem man in eine mit Chlor gefüllte Flasche von etwa zwei oder drei Litern Inhalt gepülvertes Cyanquecksilber, 5 Grm. auf jedes Li-

*) Man sehe diese Annal. Bd. XI. (87.) S. 87.

ter Chlor, schüttet und mit etwas Wasser anfeuchtet. Man stellt darauf die Flasche an einen dunkeln Ort. Nach 24 Stunden ist sie entfärbt, und man erhält, als Resultat der Reaction, festes Chlorquecksilber und gasförmiges Chlorcyan.

Um das Chlorcyan abzuscheiden, stellt man die Flasche in ein Kältegemisch, worauf es dann in sehr kurzer Zeit an den Wänden krystallisirt seyn wird. Nun öffnet man die Flaschen und schüttet ein wenig Wasser hinein; 100 Grm. sind mehr als hinreichend, um das Product einer jeden Flasche zu lösen, weil das Wasser, bei der Temperatur +20° C., das 25fache seines Volumens an gasförmigem Chlorcyan zu lösen vermag.

Nachdem man diese Operation bei allen Flaschen vollzogen hat, gieſst man sämmtliche Chlorcyan-Lösungen in einen Ballon mit langem Halse, der beinah davon gefüllt wird. Man setzt nun einen Pfropfen auf, versehen mit einer gebogenen Röhre, die in eine zweihälsige, Chlorcalcium enthaltende Vorlage hineinreicht. Aus der andern Oeffnung dieser Vorlage lasse man eine gebogene Röhre frei in den Hals einer leeren Flasche hinabgehen, die zur Aufnahme des Chlorcyans bestimmt ist.

Nachdem man den Apparat verkittet und die Flasche mit einer Kältemischung umgeben hat, erhitze man den Ballon. Das sich entwickelnde Chlorcyan wird die Flüssigkeit bald in's Sieden versetzen, zu dem Chlorcalcium übergehen, und, nachdem es hier getrocknet ist, in der erkalteten Flasche krystallisiren, wo man es, ohne daſs es verfliegt, in groſser Menge sammeln kann. Hebt man die Flasche, nachdem man sie verstöpselt hat, aus der Kältemischung, so wird das Chlorcyan erst flüssig und dann gasförmig.

Schüttet man auf das krystallisirte Chlorcyan etwas Wasser, und zieht die Flasche dann aus der Kältemischung, so löst sich ein Theil desselben, während ein anderer Theil als eine durchsichtige Flüssigkeit in dem Wasser zu Boden sinkt und sich kaum von ihm unterscheiden läſst. In diesem Zustande, wo es wahrscheinlich ein Hydrat ist, hält es sich bei gewöhnlicher Temperatur und unter dem gewöhnlichen Druck; in verschlossener Flasche kann man es jedoch beliebig lange aufbewahren.

Digitized by Google

ANNALEN
DER PHYSIK UND CHEMIE.

JAHRGANG 1831, VIERTES STÜCK.

I. *Von der Wirkung zwischen Platinchlorid und Alkohol, und von den dabei entstehenden neuen Substanzen;*

von W. C. Zeise.

Professor der Chemie an der Universität zu Kopenhagen.

(Aus der vom Verfaſser überſandten Abhandlung: *De chlorido platinae et alcohole vini sese invicem permutantibus nec non de novis substantiis inde oriundis commentatio, qua ſesto academico mense novembri A.* 1830 *celebrato prolusit Dr. W. C. Zeise etc.* frei und mit einigen Abkürzungen überſetzt.)

Wenn man erwägt, wie kräftig das Chlor auf den Alkohol wirkt, und wie schwach deſsen Verwandtschaft zum Platin ist, so kann es sicher nicht auffallend seyn, daſs auch das Chlorplatin gewiſsermaſsen das Chlor hierin nachahmt. Der Grund aber und das Ergebniſs dieser Einwirkung ist nicht so leicht zu errathen. Denn es lehren die Versuche, welche ich vortragen werde, daſs hiebei fast kein Aether, sondern eine neue Substanz, bestehend aus Platin, Chlor, Kohlenstoff und Waſserstoff gebildet wird.

Die älteren Versuche über die Wirkung zwischen dem Alkohol und den Metallchloriden waren alleinig darauf gerichtet, ob sich Aether gewinnen laſse; es ist daher

Digitized by Google

möglich, daſs wir späterhin auch bei andern Chloriden eine ähnliche Wirkungsweise entdecken.

Schon vor fünf Jahren habe ich einige Versuche angestellt, und in den Schriften der K. Gesellschaft zu Kopenhagen für 1825 und 1826 bekannt gemacht, welche den Weg zu dieser Untersuchung eröffneten *). Diese Versuche handeln indeſs fast nur von dem sonderbaren schwarzen Pulver, welches bei Einwirkung des Platinchlorürs auf den Alkohol entsteht. Bei weiterer Verfolgung anderer hieher gehöriger Erscheinungen, besonders bei Anwendung des Chlorids statt des Chlorürs, habe ich später mehrere untersuchenswerthe Thatsachen wahrgenommen, von denen ich einige schon vor langer Zeit der K. Gesellschaft mitgetheilt habe; durch Geschäfte und anderweitige Studien abgehalten, habe ich jedoch erst in neuerer Zeit diese Arbeit einigermaſsen vollenden können.

Haupterscheinungen bei gegenseitiger Einwirkung von Chlorplatin und Alkohol.

Platinchlorür, das ganz frei ist von Chlorid, verändert in mäſsiger Wärme den Alkohol gar nicht oder höchst wenig. Wenn es aber im Destillationsgefäſse mit Alkohol von 0,823 specif. Gewicht eingekocht wird, so nimmt das anfangs grüngraue Pulver allmälig eine schwarze Farbe an, und die Flüssigkeit wird sehr sauer und nach Aether riechend. Des Aethers ist jedoch so wenig da, daſs weder aus der übergegangenen, noch aus der zurückgebliebenen Flüssigkeit irgend eine Spur von ihm durch Zusatz von Wasser abgeschieden werden kann. Die Flüssigkeit über dem schwarzen Pulver ist fast ganz farblos.

Nimmt man Platinchlorür, dem, wegen unvollkommener Röstung, noch etwas Chlorid beigemengt ist, sind die Erscheinungen anders. Denn kaum ist der Alkohol zugesetzt, so macht sich die Einwirkung durch einen leicht

*) Eine kurze Anzeige von diesen Versuchen findet sich in diesen Annal. Bd. IX (85) S. 632. *P.*

Digitized by Google

wahrnehmbaren Aethergeruch bemerklich, und nach drei oder vier Tagen ist das Chlorid, ohne Anwendung aller Wärme, in ein schwarzes Pulver verwandelt. Die darüberstehende Flüssigkeit hat indeſs eine braune Farbe angenommen. Wenn dieselbe, nach Absonderung von dem Pulver, zur Hälfte überdestillirt wird, setzt sie noch eine groſse Menge jenes schwarzen Pulvers ab.

Löst man auf gewöhnliche Weise bereitetes Platinchlorid in der zehnfachen Gewichtsmenge eines Alkohols von angegebener Stärke, zieht die filtrirte Flüssigkeit über gelindem Feuer bis auf ein Sechstel ab, und prüft den stark gefärbten und noch viel Platin enthaltenden Rückstand mit Salmiak; so findet man in ihm keine Spur mehr von Platinchlorid, und obgleich sich bald mehr, bald weniger von dem schwarzen Pulver absetzt, läſst sich doch nur durch den Geruch etwas Aether wahrnehmen. Zu bemerken ist jedoch, daſs in der übergegangenen, wie in der zurückgebliebenen Flüssigkeit eine groſse Menge freier Chlorwasserstoffsäure vorhanden ist.

Setzt man der Masse im gehörigen Verhältnisse Chlorkalium hinzu und dampft die Mischung ein, so entsteht das entzündliche Salz, das ich für die Folge *entzündliches Kali-Platin-Salz* nennen werde. Es bildet gelbe, sehr schöne Krystalle. Ein ähnliches Salz erhält man, wenn man statt des Chlorkaliums Chlorammonium nimmt. Die braune Flüssigkeit, für sich abgedampft, hinterläſst eine formlose, gleichfalls braune Masse, in der jedoch gelbe und schwarze Theilchen zu unterscheiden sind. In stärkerer Hitze schwillt diese Masse heftig auf, dabei einen entzündlichen Rauch und Chlorwasserstoffsäure ausstoſsend; endlich, noch nicht beim Glühen des Gefäſses, fängt die Masse Feuer, und es bleibt schwammiges Platin von silberweiſser Farbe zurück. Diese Masse will ich, der Kürze wegen, *rohes entzündliches Chlorid* nennen, die Flüssigkeit aber: *rohe Flüssigkeit.*

Wenn dieſs rohe entzündliche Chlorid, durch vor-

Digitized by Google

sichtige Abdampfung bereitet, mit Wasser macerirt wird, so löst sich zwar viel davon auf; allein immer bleibt eine braune schleimige Masse zurück. Dieser Platinabsatz enthält, wie oft man ihn auch waschen mag, viel Chlor, und auſserdem Kohlen- und Wasserstoff. Denn, wenn man ihn in einer Glasschale erhitzt, haucht er Chlorwasserstoffsäure aus, und endlich, bei verstärktem Feuer, hinterläſst er Platin. Mit Königswasser erwärmt, löst sich eine groſse Menge von ihm, während eine andere braune Substanz, die wie geschmolzenes Harz in der Flüssigkeit herumschwimmt, diesem Lösemittel widersteht. Untersucht man, nach vollbrachter Digestion, diese Masse, so zeigt sie sich bröcklich und entzündlich; in einer Glasschale erwärmt, schwillt sie auſserordentlich auf, verglüht dann schnell, und hinterläſst sehr schwammiges Platin.

Dieser Rückstand des rohen Platinchlorids entstehen zum Theil ohne Zweifel aus dem durch die Verdampfung zersetztem reinen Chlorid; zum Theil scheinen sie aber durch Chlorwasserstoffsäure gelöst in der rohen Flüssigkeit vorher befindlich gewesen zu seyn.

Wird die gelbbraune Flüssigkeit von der Maceration des rohen Chlorids abermals zur Trockne verdampft, so zeigt der Rückstand eine gelbe oder gelbbraune Farbe, besonders, wenn man sie durch Abwaschen mit etwas Wasser von der beigemengten sehr löslichen braunen Substanz befreit. Durch eine gröſsere Menge Wasser löst sich diese Masse mit gelber Farbe auf, doch bleiben immer braune Theilchen zurück. Dampft man diese Lösung, neben kaustisches Kali gesetzt, im Vacuo abermals ein, so erhält man die Substanz, welche ich weiterhin unter dem Namen: *entzündliches Platinchlorid*, beschreiben werde, so rein als es auf diese Weise möglich ist.

Verdampft man gleich anfangs die rohe Flüssigkeit ohne Erwärmung im Vacuo, so läſst sich daraus eine gröſsere Menge des reineren Chlorids ausziehen, aber

Digitized by Google

auch hier geht beim Verdampfen viel in jene braune unlösliche Substanz über.

Bevor ich zur weiteren Untersuchung dieser Verbindung übergehe, muſs ich noch Einiges von der Wirkung des Chlorids auf den Alkohol sagen. Aus allen Versuchen, die ich hierüber angestellt habe, geht hervor, daſs, ehe das Chlorid ganz verschwindet, immer etwas von jenem schwarzen Absatz gebildet wird; allein dennoch halte ich die Erzeugung desselben nicht für wesentlich zur Zersetzung des Chlorids. Denn die Menge desselben ist nach den Umständen verschieden, sehr gering bei einem vom Chlorür ganz freiem Chlorid, gröſser aber bei einem damit verunreinigten.

Chlorid, das auf gewöhnliche Weise so weit eingedickt ist, bis keine Chlorwasserstoffsäure mehr fortgeht, enthält immer viel Chlorür, das gröſstentheils, mittelst des Chlorids, nicht bloſs vom Wasser, sondern auch vom Alkohol aufgenommen wird. Von einem solchen Chlorid wird, vor seiner gänzlichen Umwandlung, der vierte oder zuweilen der dritte Theil als jenes schwarze Pulver abgesetzt. Wendet man aber Chlorid an, das, zuletzt neben kaustischem Kali, im Vacuo eingedampft worden, so wird noch nicht der hundertste Theil in jenen Absatz verwandelt. Damit aber dieſs geschehe, darf man nicht mehr Alkohol als nöthig ist anwenden, und beim Abziehen der Flüssigkeit eine gewisse Concentration nicht überschreiten. Denn selbst das entzündliche Chlorid wird vom Alkohol zerstört, so daſs es jenen Absatz fallen läſst.

Hieraus wird also wahrscheinlich, daſs jener Absatz entweder aus dem eingemengten Chlorür entsteht oder aus der Zersetzung des entzündlichen Chlorids durch den überschüssigen Alkohol.

Obgleich das vorhin angegebene Verhältniſs von Alkohol meistens zu dieser Operation hinreichend ist, so wird doch zuweilen eine gröſsere Menge erforderlich. In

einigen Fällen war das Chlorid so hartnäckig, daſs es drei bis vier Mal mit der angegebenen Menge frischen Alkohols gekocht werden muſste. Alsdann wurde zuweilen, doch nicht immer, durch einen Zusatz von Wasser die Zersetzung beschleunigt. Die Ursache dieser Hartnäckigkeit habe ich zwar nicht genügend ermitteln können; doch ist zu bemerken, daſs sie weder der Chlorwasserstoffsäure, noch der Salpetersäure, noch der verschiedenen Menge von Wasser allein zugeschrieben werden kann.

Verpuffender Platinabsatz.

Wäscht man den schwarzen Absatz, der aus der Einwirkung des Alkohols auf das Platinchlorid entsteht, mit heiſsem Wasser, dem man auch etwas kaustisches Kali hinzusetzen kann, bis die ablaufende Flüssigkeit kein Chlor mehr enthält, und trocknet ihn darauf im Vacuo, so zeigt er folgende Eigenschaften. Er erscheint theils als Pulver, theils als Flocken, ist völlig schwarz und ohne Geruch. Beim Reiben nehmen einige Theile Metallglanz an, andere bleiben erdig. In einem passenden Gefäſs erwärmt, explodirt er bald, wobei er einige Funken wirft, und einen Knall giebt, der zwar immer schwächer ist, als der von einer gleichen Menge Knallgold, ihm aber doch zuweilen ziemlich nahe kommt. Nach der Explosion hat er eine graue Farbe und ein metallisches Ansehen.

Legt man ein Wenig dieser Substanz auf ein mit Alkohol benetztes Papier, so giebt sie bald eine schwache Explosion, wobei der Alkohol meistentheils entzündet wird. Wasserstoff auf dieselbe geleitet, entzündet sich bald. Wenn aber diese Masse schon verpufft hat, erglüht sie zwar noch mit Alkohol, bringt aber keine Flamme mehr hervor. Die Verpuffungskraft scheint mit der Zeit abzunehmen, das Vermögen den Alkohol zu entzünden bleibt aber.

Digitized by Google

Auf Veranlassung dessen, was **Edmund Davy**, **Döbereiner** und **ich** über die verschiedenen den Alkohol entzündenden Platinpräparate bekannt machten, hat **Liebig** *) einige Versuche angestellt, aus denen hervorzugehen scheint, daſs das Platinchlorür, wenn man es in Aetzkali-Lauge löst und mit Alkohol kocht, ein schwarzes Pulver absetzt, das, obgleich metallischem Platin ganz ähnlich, dennoch unter Zutritt der Luft mit Alkohol erglüht, ja mehrere entzündliche Substanzen absorbirt, und selbst im Vacuo zurückhält, weshalb es zuweilen zum Explodiren geeignet gefunden wird.

Hieraus wird es glaublich, daſs der in meinen Versuchen gebildete Absatz nichts anderes als metallisches Platin sey, der auf eine besondere Weise mit Alkohol oder einem andern Körper dieser Art verunreinigt ist. Und so mag es sich auch zuweilen verhalten; der Absatz aber, den ich meistentheils auf die angezeigte Art erhalten habe, zeigte sich sehr ähnlich einer wirklichen chemischen Verbindung aus Platin, Sauerstoff, Kohlen- und Wasserstoff, der metallisches Platin beigemengt ist. Denn mehrere Portionen dieser Substanz sah ich explodiren, obgleich sie vor der Austrocknung mit Wasser gekocht waren, und also den Alkohol oder Aether, wenn er ihnen beigemischt war, verloren haben muſsten.

Zuweilen habe ich auch beobachtet, daſs jener Absatz zum Theil in concentrirter Chlorwasserstoffsäure löslich ist. Als ich ferner eine geringe Portion dieses Körpers, mit vieler Kieselerde vermischt, in einer Glasröhre verbrannte, so daſs die dabei entstehenden flüchtigen Körper gesammelt und untersucht werden konnten, habe ich nicht wenig Gas erhalten, das nur aus Kohlensäure bestand und etwas Wasser, obgleich die Mischung zuvor durch siedendes Wasser in derselben Röhre vorsichtig ausgetrocknet worden war.

Hiezu kommt noch, daſs das entzündliche Platinchlo-

*) Diese Annal. Bd. XVII. S. 101.

Digitized by Google

rid, wenn es mit Kali oder Magnesia digerirt wird, ein schwarzes Pulver absetzt, welches zwar gewöhnlich stärker explodirt, im übrigen aber jenem ersten, durch Alkohol erzeugten Absatz so ähnlich ist, daſs es von diesem nur durch das in gröſserem oder geringerem Verhältniſs beigemischte metallische Platin abzuweichen scheint.

Wie mir scheint, ist die Verbindung aus Platinoxyd und Kohlenwasserstoff gewissermaſsen dem Knallgold, d. h. der Verbindung von Goldoxyd und Stickwasserstoff ähnlich. Denn ohne Zweifel muſs das Platinoxyd zu den negativen Substanzen gerechnet werden, der Doppelt-Kohlenwasserstoff aber zu den positiven, wie mehrere Chemiker sich bemüht haben zu erweisen, und auch daraus hervorgeht, daſs er, nach Serullas's Versuchen *), sich mit der Schwefelsäure zu einer Art Weinöl verbindet.

Wenn dem aber so ist, sieht man leicht, wie auch durch die Wirkung des schwefelsauren Platinoxyds auf den Alkohol dieselbe Substanz entstehen könne. Denn gleichwie zwischen den Metallsalzen und Chlormetallen eine unzweifelhafte Aehnlichkeit vorhanden ist, so findet auch eine solche zwischen dem Weinöl und dem Chloräther statt. Daher ist es auch nicht wunderbar, daſs der von Edm. Davy **) entdeckte Körper dieselben Eigenschaften zeigt, wie jener Absatz, von dem ich vorhin gesprochen habe. Denn dieser entsteht durch die Erzeugung oder Zersetzung des Chloräthers, jener durch die des Weinöls.

Was die Wirkung dieser Präparate auf den Alkohol und Wasserstoff betrifft, so zweifle ich nicht, daſs hiebei dieselbe Kraft wirke, wie beim reinen Platin, so daſs, hinsichtlich dieser Eigenschaft, der ganze Unterschied

*) *Ann. de chim. et de phys. T. XXX. p.* 152 (Eigentlich ist es wohl Hennel, der diese Entdeckung machte; Serullas hat die Verbindung nur genauer untersucht. Man sehe diese Ann. Bd. IX. (85.) S. 12. *P.*)

**) Schweigger's Journ. Bd. XXXI. S. 340.

zwischen dem von Liebig dargestellten Platinpulver und dem nach meiner Methode bereiteten Absatz vielleicht darauf zurückkommt, daſs dieses, wenn es gehörig bereitet ist, mit Alkohol nicht bloſs zum Erglühen kommt, sondern diesen auch entflammt.

Soll es aber diese Eigenschaft zeigen, so muſs es von allem Chlor befreit seyn. Es bleiben aber immer Spuren von Chlor zurück, wenn man zu der Bereitung weniger als die gehörige Menge Alkohols anwendet, oder die Digestion nicht lange genug fortsetzt, oder endlich die Aussüſsung nachlässig betreibt. Davon scheint es auch herzurühren, daſs Liebig in dem bloſs mit Alkohol bereiteten Absatz, bei Erhitzung in einem Strom von Wasserstoffgas, Spuren von Chlor wahrgenommen hat. Hat man den Absatz, von dem die Rede ist, gehörig bereitet, so leidet er, wegen seiner Eigenschaft zu verpuffen, gar nicht einmal den angeführten Versuch; es sey denn, man wendete ihn schon verbrannt an.

Wegen der Unbeständigkeit dieser Substanz habe ich eine genauere Analyse derselben unterlassen. Denn immer führt sie, wie schon gesagt, metallisches Platin mit sich, und zwar in veränderlicher Menge; auch scheint sie sogar beim Waschen eine Veränderung zu erleiden, da sie beständig Luftblasen ausstöſst, auch wenn das Wasser zuvor gekocht worden war. Zuweilen habe ich beobachtet, daſs das Verpuffungsvermögen mit der Zeit verschwindet, die Fähigkeit den Alkohol zu entzünden aber bleibt. Zuweilen verpufft der frisch bereitete Absatz nicht einmal, sondern verknistert nur, und dennoch war er häufig mehr geeignet den Alkohol zu enzünden *).

*) Zur Entzündung des Alkohols habe ich ihn oft auf folgende Weise am besten erhalten. Ein Theil Platinchlorür, das durch mäſsiges Glühen bereitet, also nicht ganz frei von Chlorid war, wurde mit etwa 8 Th. Alkohol von 0,819 spec. Gewicht wohl geschüttelt, die Mischung in eine Retorte gethan, und, nach Hinzufügung von noch 4 Th. desselben Alkohols, erstlich der Di-

Entzündliches Platinchlorid.

Zur Bereitung dieser Substanz habe ich vorhin eine Methode angegeben, deren Anführung ich für nöthig hielt, um die Umwandlung des Chlorids zu erläutern. Wünscht man indeſs diesen Körper von allem Fremdartigen zu befreien, so daſs er zu einer genaueren Untersuchung geeignet wird, so muſs man einen andern Weg einschlagen. Am besten ist es, denselben aus dem *entzündlichen Platin-Ammoniak-Salz* (einer weiterhin beschriebenen Verbindung des entzündlichen Platinchlorids mit Chlorammonium) abzuscheiden, was auf folgende Weise geschieht. Der gesättigten Lösung dieses Salzes in Wasser setze man eine gleichfalls concentrirte Lösung von Platinchlorid hinzu, so lange als noch gewöhnliches Chlorplatin-Ammoniak niederfällt. Den entstandenen Niederschlag sondere man schnell ab, und verdampfe die abfiltrirte Flüssigkeit langsam im Vacuo, anfangs über Schwefelsäure allein, später auch gemeinschaftlich über dieser und kaustischem Kali. Es bleibt eine Masse zurück, die theils wie eingetrocknetes Gummi aussieht, theils aus kleinen Krümchen besteht, aber eine und dieselbe Substanz darstellt. Das entzündliche Platin-Ammoniak-Salz ziehe ich bei dieser

gestion und dann der Destillation unterworfen, bis die anfangs braune Flüssigkeit, unter heftigem Aufschäumen und Ablagern eines schweren Pulvers (wobei sie heftig aufstöſst), erstlich grün und dann gelb geworden und meistentheils der dritte Theil der Flüssigkeit in die Vorlage übergegangen war. Hierauf wurde die Flüssigkeit abgegossen, und das Pulver sorgfältig abgewaschen und im Vacuo getrocknet. Beim Gebrauche muſs dieser Körper trocken, auch bei Benetzung mit dem Alkohol von der Luft nicht ausgeschlossen seyn.

Wegen der oben angegebenen Hindernisse ist es sehr schwierig, eine Methode anzugeben, wodurch man ihn immer mit der Fähigkeit zu explodiren begabt erhalten könne; jedoch verfehlt man seinen Zweck selten, wenn man ihn aus dem entzündlichen Chlorid oder aus dem entzündlichen Platin-Kali-Salz durch Digestion mit einem Ueberschuſs von kaustischem Kali zu bereiten versucht.

Digitized by Google

Operation dem entzündlichen Platin-Kali-Salz vor, weil das gemeine Platin-Kali-Salz löslicher ist in Wasser als das gemeine Platin-Ammoniak-Salz.

So bereitet enthält es immer etwas von dem gemeinen Platin-Ammoniak-Salz (der Verbindung von Chlorammonium und Platinchlorid), weil dieses nicht ganz unlöslich ist; auch vermeidet man nicht leicht einen Ueberschuſs entweder vom hinzugefügten Chlorid, oder vom entzündlichen Platin-Ammoniak-Salz, das zersetzt werden soll. Wenn man indeſs die Lösungen gehörig concentrirt anwendet, und beim Eintröpfeln möglichst genau verfährt, so ist dieser Umstand von keinem Belange. Auch kann man nöthigenfalls den Ueberschuſs des Chlorids oder des entzündlichen Platin-Ammoniak-Salzes durch Waschen mit kleinen Mengen Wassers fortschaffen. Und wenn man dann die Masse mit neuen Portionen Wasser digerirt, kann man das reine entzündliche Chlorid ausziehen, während das gemeine Platin-Ammoniak-Salz zurückbleibt. Zu bemerken ist, daſs das entzündliche Chlorid, welches man auf diese Weise auszieht, weniger durch die Verdampfung zerstört wird, als das, welches man unmittelbar aus der rohen Flüssigkeit bereitet hat, so daſs man es unversehrt abermals im Vacuo abdampfen kann. Diese Verschiedenheit scheint davon herzurühren, daſs das entzündliche Chlorid durch seine Verbindung mit einem andern Chlorid von den Körpern befreit wird, die in der rohen Flüssigkeit seine Zersetzung bewirken.

Das reine entzündliche Chlorid ist sehr blaſs citronengelb, wird aber, besonders im Lichte, braun und dann schwarz. An der Luft wird es nicht feucht, löst sich selbst im Wasser ziemlich schwer. Auch in Alkohol scheint es sich nur schwierig zu lösen, wenn nicht etwa freie Säure vorhanden ist, wie in der rohen Flüssigkeit, in der es in weit gröſserer Menge gelöst enthalten ist, als es im Alkohol allein möglich wäre. Die Lösungen in diesen Flüssigkeiten haben übrigens eine gelbe Farbe.

Der trocknen Destillation unterworfen, giebt es, unter mäſsigem Aufbrausen, viel Gas, bestehend aus Chlorwasserstoffsäure und Kohlenwasserstoff. Die zurückbleibende schwarze Masse verwandelt sich, beim Verbrennen an der Luft, in metallisches Platin, wobei sie wie Kohle verglimmt. Bringt man die unzersetzte Masse über offenes Feuer, so entflammt sie sich leicht.

Die wäſsrige Lösung wird beim Erhitzen, wenigstens wenn sie zu sieden anfängt, schnell trübe und setzt metallisches Platin ab, so daſs nach kurzer Zeit des Kochens nur wenig Metall gelöst bleibt. Wenn man diese Zersetzung in einem pneumatischen Apparate vornimmt, bemerkt man, daſs sich eine groſse Menge entzündlicher Luft, vermuthlich Kohlenwasserstoff, entwickelt. Die Flüssigkeit in der Vorlage enthält weder Aether noch Alkohol, riecht aber stark nach Chlorwasserstoffsäure.

Auch freiwillig oder in mäſsiger Wärme zersetzt sich diese Flüssigkeit, so daſs sie nach einigen Tagen, durch Ablagerung einer braunen schleimigen Materie, fast farblos wird; Zutritt von Licht scheint diese Zersetzung zu beschleunigen.

Wenn die Lösung viel Chlorwasserstoffsäure enthält, wird sie nicht einmal durch's Sieden zerstört, was aus der Entstehungsart des entzündlichen Chlorids leicht begreiflich ist.

Vermischt man die Lösung des entzündlichen Chlorids mit Magnesia und schüttelt die Mischung gelinde, so erhält man anfangs einen schleimigen braungrauen Absatz, der späterhin schwarz und pulverförmig wird. Wird dieser Platinabsatz, nachdem er durch verdünnte Salpetersäure von der beigemengten Magnesia befreit, darauf gut ausgewaschen und unter der Luftpumpe getrocknet worden ist, erhitzt, so giebt er eine starke Explosion.

Mit kaustischem Kali vermischt, setzt die Lösung des entzündlichen Chlorids nach einigen Tagen eine braungraue, gleichfalls schleimige Masse ab; es bleibt aber ein

groſser Theil des Metalls gelöst, der nur mittelst Erwärmung gefällt werden kann.

Setzt man das kaustische Kali in Ueberschuſs hinzu und erwärmt darauf die Flüssigkeit, so erscheint ein schwarzer pulverförmiger Niederschlag, dem jedoch meistentheils einige metallische Schüppchen beigemengt sind. Leicht zu beobachten ist, daſs auch bei dieser Zersetzung Gas aus der Flüssigkeit entweicht, jedoch in geringerer Menge, als bei der bloſs durch Wärme bewirkten Zerstörung. Das schwarze Pulver, gehörig gewaschen und getrocknet, ist gröſstentheils erdig, explodirt über Feuer heftig und entzündet Alkohol.

Wendet man hiezu einen pneumatischen Destillationsapparat an, so bemerkt man an der übergegangenen Flüssigkeit einen Geruch, der einigermaſsen an den des Talgs erinnert. Denselben Geruch habe ich auch bei einigen andern, mit dem entzündlichen Chlorid angestellten Operationen wahrgenommen. Wahrscheinlich rührt dieser Geruch von derselben Ursache her, wie der, welchen Liebig an der kaustischen Kalilauge wahrnahm, welche in einem leicht verschlossenen Gefäſs neben einer kleinen Menge mit Alkohol benetztem Platins einige Tage lang gestanden hatte *). Bei der trocknen Destillation des entzündlichen Chlorids habe ich, durch Reagenzien, nichts bemerkenswerthes auffinden können, weder in der übergegangenen Flüssigkeit, noch in der zurückgebliebenen Masse.

Tröpfelt man salpetersaures Silberoxyd in die Lösung des entzündlichen Chlorids, so entsteht ein reichlicher Niederschlag, der zwar weiſs ist wie Chlorsilber, aber etwas in's Gelbe fällt, und mehr pulverförmig als flockenförmig ist. Nach genau angestellter Fällung läſst sich die Flüssigkeit leicht klar abfiltriren; hat man aber vom salpetersauren Silberoxyd zu viel oder zu wenig hinzugesetzt, so läuft sie trübe durch. Nach der Fällung hat die Flüssigkeit fast dieselbe Farbe wie zuvor. Einige

*) Diese Ann. Bd. XVII. S. 106.

Digitized by Google

Minuten sich selbst überlassen, wird die Flüssigkeit abermals trübe und in kurzer Zeit setzt sie eine groſse Menge eines schwarzen Pulvers ab. Sondert man daher den vom salpetersauren Silberoxyd erzeugten Niederschlag nicht schnell ab, so enthält er viel von dem Platinabsatz, welcher indeſs zurückbleibt, wenn man den Niederschlag mit Ammoniakflüssigkeit digerirt. Die Färbung und das pulverförmige Ansehen des Chlorsilbers scheint davon herzurühren, daſs mit ihm gleich vom Anfange etwas von diesem Platinabsatz niederfällt.

Wenn man, nach rascher Fällung und Filtration, die klare Flüssigkeit erwärmt, so zeigen sich ganz die Erscheinungen, welche bereits erwähnt wurden, nur daſs die Zersetzung noch schneller vor sich geht. Schüttet man, nachdem hiedurch alles Platin entfernt ist, abermals salpetersaures Silberoxyd hinein, so fällt auf's Neue eine Portion Chlorsilber nieder. Hieraus erhellt, *daſs in dieser Verbindung ein Theil des Chlors auf eben die Weise wie in den Chlormetallen vorhanden ist, ein anderer Theil aber auf die Art wie in dem Chloräther und Chlorwasserstoffäther,* Verbindungen, in denen erst nach ihrer Zerstörung der Chlorgehalt zu entdecken ist. Darnach wird es sehr wahrscheinlich, *daſs das entzündliche Chlorid eine Verbindung ist von Platinchlorid und Chlor-Kohlenwasserstoff.*

In wiefern diese Theorie mit der Analyse des entzündlichen Platin-Kali-Salzes übereinstimmt, sobald man auſser dem Chlorür und dem Chlorid noch ein drittes Chlorplatin annehmen will, wird man in dem Folgenden sehen.

Ich habe viele Versuche angestellt, in der Absicht das vorausgesetzte Kohlenwasserstoffchlorid vom Platinchlorid ganz zu trennen. Dieſs scheint jedoch nicht anzugehen, was ein Versuch mit Schwefelwasserstoff hinlänglich beweisen wird.

Denn, wenn man Schwefelwasserstoffgas durch eine

Digitized by Google

Lösung des entzündlichen Chlorids *) leitet, tritt bald eine Erscheinung auf, welche auf die Zersetzung der ausgeschiedenen Substanz deutet. Denn so wie der Schwefelwasserstoff in die Lösung einströmt, entsteht ein reichlicher Niederschlag von gelber Farbe, und man bemerkt ein Gas in der Flüssigkeit. Nach vollbrachter Fällung ist die Flüssigkeit ganz entfärbt. Der Niederschlag fängt schon in der Flüssigkeit an seine gelbe Farbe zu ändern, und, wenn er auf ein Filtrum gebracht und gewaschen wird, nimmt er eine schwarze Farbe an. Trocknet man diesen Körper schnell im Vacuo und erhitzt ihn dann, so verprasselt er unter Funkenwerfen. Dieſs muſs unzweifelhaft einer aus der Zersetzung des Chlorkohlenwasserstoffs entstandenen Substanz zugeschrieben werden. Erwärmt man ihn in einer retortenähnlichen Röhre, so bemerkt man, vor seiner Verpuffung, eine Entwicklung von Schwefel und schwefliger Säure.

Die vom gelben Niederschlag abgesonderte Flüssigkeit habe ich der Destillation unterworfen; allein dabei nichts anderes auffinden können, als Chlorwasserstoffsäure, die etwas Chlorplatin enthielt.

Ich habe auch Schwefelwasserstoff-Kali angewandt, in der Absicht, den Chlorkohlenwasserstoff dadurch in Chlorkalium zu verwandeln. Ich gewahrte aber bald, daſs das entzündliche Chlorid nur wenn viel freie Säure vorhanden war ziemlich bald vom Schwefelwasserstoff-Kali gefällt wurde, weshalb ich mir von diesem Versuch nichts versprach, und nicht länger bei ihm verweilte. Zu bemerken ist jedoch, daſs der hiebei entstehende Niederschlag braun war, bald schwarz wurde, und erwärmt auch verprasselte. Die abgesonderte Flüssigkeit schien, auſser Chlorkalium und freier Chlorwasserstoffsäure, etwas essigsaures Kali zu enthalten.

*) Bemerken muſs ich, daſs ich zu den folgenden Versuchen nicht immer ganz reines entzündliches Chlorid anwandte; indeſs würde reines sich ohne Zweifel ganz eben so verhalten haben.

Digitized by Google

Ich habe auch meine Zuflucht zu den Metallen genommen, die auf nassem Wege das Platin fällen, in der Hoffnung, daſs das dabei entstehende entzündliche Chlorid des angewandten Metalls ein neues Licht über die Natur der vorausgesetzten Verbindung werfen würde.

Als ich aber z. B. Kupfer in die Lösung des entzündlichen Chlorids stellte, bemerkte ich, auſser der Fällung einer schwarzen Substanz, zugleich ein gelindes Aufbrausen in der Flüssigkeit, so daſs ich argwöhnen muſste, der abgeschiedene Körper sey auch hier zersetzt worden. Als ich hernach den schwarzen Niederschlag erhitzte, verpuffte er ebenfalls. In der Flüssigkeit war nichts als Kupferchlorid zugegen.

Bringt man statt des Kupfers Quecksilber in die Lösung, so erhält man dieselben Erscheinungen, nur daſs ein Theil des Quecksilbers in Amalgam übergeht.

Nicht bloſs bei dieser Fällung, sondern auch bei andern Versuchen, bei denen ich die Abscheidung des Chlorkohlenwasserstoffs beabsichtigte, habe ich oft einen Geruch nach Aether wahrgenommen, jedoch nicht immer, auch nicht in solcher Menge, daſs eine weitere Untersuchung möglich gewesen wäre.

Obgleich aus diesen Versuchen nicht unmittelbar hervorgeht, daſs das Platin das einzige zur Bildung dieser neuen Verbindung geeignete Metall sey, so scheint doch so viel gewiſs, daſs es hiebei auf eine eigenthümliche Weise wirkt.

Entzündliches Platin-Kali-Salz.

Es ist bekannt, daſs das Chlorkalium, wie das Chlorammonium, mit dem Platinchlorür eine in Wasser lösliche Verbindung giebt. Beide Verbindungen, welche vor einigen Jahren von G. Magnus *) sorgfältig untersucht wurden, bilden rothe Krystalle, die von Alkohol gar nicht oder

*) Diese Annal. Bd. XIV. (90.) S. 239.

Digitized by Google

oder sehr schwer gelöst werden. Als sich daher in den, S. 499., genannten Versuchen gelbe in Alkohol sehr lösliche Krystalle erzeugten, war es leicht einzusehen, daſs das entzündliche Chlorplatin sich unverändert mit dem Chlorkalium verbunden habe *).

Das entzündliche Platin-Kali-Salz bildet unter geeigneten Umständen sehr schöne Krystalle **), oft von der Länge eines halben Zolls und darüber. Sie sind citronfarbig, fast ganz durchsichtig. Mit der Zeit aber, besonders unter dem Zutritt von Luft und Licht, überziehen sie sich nach und nach mit einer schwarzen undurchsichtigen Kruste. In sehr trockner Luft verlieren sie auch etwas Wasser. Im Vacuo über Schwefelsäure werden sie bald opak; doch verlieren sie erst nach Zerreibung ihr Krystallwasser gänzlich.

Nahe bei der Siedhitze des Wassers verlieren sie an der Luft dieselbe Wassermenge, wie bei langer Aufbewahrung im Vacuo.

Der Geschmack dieses Salzes ist metallisch, zusammenziehend und lange anhaltend. Es röthet Lackmuspapier. Seine Lösungen sind gelb. In mäſsiger Wärme erfordert es zu seiner Lösung das fünffache Gewicht Wasser, vom Alkohol etwas mehr.

In offenem Gefäſse erhitzt, wird es (vermuthlich bei nicht mehr als 200°) bald schwarz; bei stärkerem Feuer erscheint Chlorwasserstoffgas, vermischt mit entzündlichem Gase (wie beim entzündlichen Chlorplatin für sich), und endlich, nach geschehener Verbrennung wird das Ganze

*) Man vergleiche Jahresbericht von J. Berzelius, Jahrg. No. 9., deutsche Uebersetzung, S. 162. (oder diese Annalen, Bd. XVI. (92.) S. 82.).

**) Professor G. Forchhammer, der auf meine Bitte die Krystallform untersuchte, fand sie hemiprismatisch. Die Neigung zwischen den Säulenflächen betrug 103° 58′, die zwischen den Säulenflächen und der Endfläche 112° 5′. Die gröſste Abweichung bei der ersten Messung betrug 10′.

Digitized by Google

in eine graue Masse verwandelt. Wendet man hierbei das Salz wasserfrei an, so bemerkt man kein Aufbrausen. Aus dem grauen Rückstand zieht Wasser nicht bloſs Chlorkalium aus, sondern auch, selbst wenn man sehr starkes Feuer gegeben hat, etwas Platin-Kali-Salz, so daſs die Zersetzung durch bloſses Glühen keinen Nutzen für die Analyse dieses Salzes hat.

Als ich das Salz in einem pneumatischen Destillationsapparate der Siedhitze des Wassers aussetzte, so lange als noch Wasser fortging, konnte ich hernach bei stärkerem Feuer keine Spur von Feuchtigkeit mehr wahrnehmen. Aber es ist sehr schwer, das Salz in einer Retorte so auszutrocknen. Ja öfters, wenn ich den Versuch mit verschiedenen Portionen des Salzes anstellte, welche ich für gut getrocknet hielt, erschien eine groſse Menge Feuchtigkeit gerade in demselben Momente, als, bei steigender Wärme, die chemische Zersetzung der Masse anfing, so daſs ich nicht zweifle, daſs eine gewisse Portion des Wassers auf solche Art dem Salze innewohnt, daſs es nur erst bei anfangender Zersetzung ausgetrieben werden kann. Denn, wenn man nicht das zuvor getrocknete Salz schnell in eine Retorte schüttet, lange Zeit der Siedhitze des Wassers aussetzt, und den dabei sich zeigenden Beschlag zu wiederholten Malen fortnimmt, kommt immer, wenn stärkere Hitze angewandt wird, wodurch die Masse schwarz wird, endlich Feuchtigkeit zum Vorschein. Dieſs scheint mir, wenn ich nicht irre, eine auffallende Anziehungskraft des trocknen Salzes zum Wasser zu beweisen. Hiebei ist noch zu bemerken, daſs unter den Producten der Zersetzung des Salzes keine beträchtliche Spur von Aether zum Vorschein kommt, wenn man das Feuer erst nach gänzlicher Vertreibung des Wassers verstärkt, sonst aber wird der Geruch nach Aether merklich.

Vielleicht ist es nicht überflüssig hinzuzusetzen, daſs die Masse, wenn sie bei Ausschluſs der Luft zersetzt

Digitized by Google

wird, sich nicht entzündet, und mit der Gasentwicklung (Chlorwasserstoffsäure und Kohlenwasserstoff) immer aufhört, bevor die Temperatur die Rothglühhitze erreicht hat.

In Wasser gelöst, erleidet das entzündliche Platin-Kali-Salz dieselbe Veränderung wie das entzündliche Chlorplatin für sich, nur daſs es, bei mäſsiger Wärme, weniger rasch zerstört wird. Auffallend ist es, daſs dieses Salz, obgleich es in fester Gestalt eine Temperatur von 100° erleidet und dabei nur Wasser ausgiebt, dennoch in Wasser gelöst schon bei ungefähr 90° in seine Bestandtheile zerfällt. Es bleibt jedoch immer etwas Platin gelöst.

Recht bemerkenswerth ist hier vor Allem die Wirkung der Chlorwasserstoffsäure. Denn, wenn man eine gewisse Portion dieser Säure zu der Lösung des entzündlichen Salzes setzt, ist selbst nach langem Kochen kein Zeichen von Zersetzung sichtbar. Dadurch geschieht es auch, daſs die Krystalle dieses Salzes Farbe und Glanz lange behalten, sobald sie mit Chlorwasserstoffsäure verunreinigt sind.

Schwefelsäure oder Salpetersäure üben fast dieselbe Wirkung auf die Lösung aus; doch ist zu bemerken, daſs bei Anwendung von Salpetersäure kein gemeines Platin-Kali-Salz ($PtCl^4 + KCl^2$) gebildet wird.

Ein reichlicher Zusatz von Chlorkalium scheint bisweilen die Zersetzung zu verzögern.

Kaustisches Kali, der Lösung des entzündlichen Platin-Kali-Salzes zugemischt, scheint anfangs keine Veränderung zu bewirken. Nach etwa 20 Minuten scheidet sich aber jene braune schleimige Masse (S. 508.) ab, und die Flüssigkeit wird fast ganz entfärbt. Wenn man die Flüssigkeit nach dem Zusatz des Kali's sogleich erwärmt, so bemerkt man ganz dieselben Erscheinungen, wie beim entzündlichen Chlorplatin (S. 509.), so daſs man auch auf diesem Wege jenen explodirenden Niederschlag bereiten kann.

34 *

Ammoniakflüssigkeit übt hier eine sonderbare Wirkung aus. Denn so wie man etwas von derselben in die Lösung des entzündlichen Platin-Kali-Salzes schüttet, entsteht bald ein voluminöser gelber Niederschlag. Wegen Mangel an Zeit und einer hinlänglichen Menge von dieser Substanz habe ich sie noch nicht gehörig untersucht. Ich habe mich jedoch überzeugt, daſs sie in Wasser etwas löslich ist, weit mehr in heiſsem als in kaltem, daſs sie über dem Feuer zersetzt wird, und, nach hinlänglicher Erhitzung in einem offenen Gefäſse, viel Platin zurückläſst *).

Mit salpetersaurem Silberoxyd habe ich die Natur dieses Salzes auf dieselbe Weise untersucht, welche, S. 509., beim entzündlichen Chlorplatin aus einander gesetzt worden ist, und ich habe dabei dieselben Erscheinungen und dasselbe merkwürdige Resultat wahrgenommen.

Von Wasserstoffgas wird das Salz, sogar in gewöhnlicher Wärme, sowohl auf nassem als auf trocknem Wege angegriffen. Leitet man dieſs Gas durch eine Lösung des entzündlichen Platin-Kali-Salzes, so fällt bald Platin nieder, und setzt man die Operation eine Zeit lang fort, wird der gröſste Theil dieses Metalls niedergeschlagen; doch bleibt immer etwas davon zurück. Leitet man das Gas über das Salz, nachdem es gepülvert, über siedendem Wasser getrocknet und in ein horizontales Glasrohr gebracht ist, so bemerkt man gewöhnlich sehr geringe Spuren von Feuchtigkeit in dem Augenblick, wo das Salz unter Wärmeentwicklung vom Gase angegriffen und geschwärzt wird. Die vollständige Zersetzung des Salzes läſst sich jedoch erst in der Wärme bewirken.

Auf das trockne Salz wirkt das Chlorgas in gewöhnlicher Wärme nicht. Unterwirft man aber das Salz in

*) Eine nähere Untersuchung dieser Substanz findet man in der folgenden Abhandlung.

Digitized by Google

einer Glasröhre, die mit einer Vorlage und mit Ableitungsröhren verbunden ist, der Wirkung des Chlors, unterstützt von Wärme, so zeigt sich eine merkwürdige Erscheinung. Denn es bildet sich dabei nicht nur Chlorwasserstoffsäure, sondern auch etwas Feuchtigkeit in der Vorlage, und auſserdem erhält man farblose, flüchtige und aromatisch riechende Krystalle, die ohne Zweifel nichts anderes als Chlorkohlenstoff sind. Denn bekanntlich besitzt das Kohlenchlorid diese Eigenschaft, und es ist gewiſs, daſs dasselbe gebildet wird, wenn Chlor auf Chloräther, d. h. auf die Verbindung von Chlor, Wasserstoff und Kohlenstoff wirkt.

Leitet man Chlor durch die Lösung des entzündlichen Salzes, so nimmt man einen Aethergeruch wahr.

Jod und Brom wirken ähnlich auf die Lösung des Salzes.

Ich habe jetzt noch ausführlicher von der Bereitung des Platin-Kali-Salzes zu reden, die sich nach meiner Erfahrung am besten folgendermaſsen bewirken läſst.

Die rohe Flüssigkeit, die gehörig bereitet seyn muſs, so daſs sie von concentrirter Chlorkalium-Lösung nicht mehr getrübt wird *), gieſse man, nach Verdünnung mit etwa dem vierfachen Gewichte Wasser, vom Niederschlage ab, und vermische sie mit gepülvertem Chlorkalium, so daſs 1 Th. von diesem auf 4 Th. des ursprünglich zu der rohen Flüssigkeit verwandten trocknen Chlorids kommt. Sobald dieses von der Flüssigkeit, der man nöthigenfalls noch mehr Wasser hinzusetzen kann, gelöst ist, dampft man sie über mäſsigem Feuer bis auf etwa den dritten Theil ein. Nach dem Erkalten hat man in dem Gefäſse

*) In Betreff der Bereitung dieser Flüssigkeit ist es wohl nicht überflüssig zu erinnern, daſs man, sobald sich viel des schwarzen Pulvers abgelagert hat, vorsichtig verfahren müsse, da sonst die Masse so heftig aufstöſst, daſs ein groſser Theil in die Vorlage überspritzt.

Digitized by Google

eine Masse, welche gewöhnlich aus braunen Krystallen besteht. Nachdem man diese zerstoſsen, und die darüberstehende Flüssigkeit, welche noch brauner und sehr sauer ist, abgegossen hat, löse man die Krystalle in Wasser auf. Es zeigen sich hiebei einige braunrothe Krystalle, von denen ich nicht weiſs, ob sie immer Iridium enthalten; denn sie kamen auch bei einigen Versuchen zum Vorschein, bei denen ich ein Chlorid anwandte, worin ich nichts von diesem Metalle entdecken konnte.

Die neue Lösung dampft man abermals bis etwa auf ein Drittel ab, jedoch, wenigstens gegen das Ende, bei sehr gelindem Feuer. Beim Erkalten schieſsen schöne Krystalle an, welche man, nach Absonderung von der Flüssigkeit, mit sehr wenig Wasser abwäscht, und darauf abermals löst. Die so bereitete Flüssigkeit, welche von gelber Farbe und ganz ohne Geruch ist, lasse man endlich ohne alle Erwärmung im Vacuo verdampfen.

Warum man so verfahren müsse, ist aus dem auf S. 515. Angeführten leicht einzusehen. Denn in der rohen Flüssigkeit ist so viel freie Chlorwasserstoffsäure vorhanden, daſs bei den beiden ersten Abdampfungen keine Zersetzung zu befürchten steht; sobald aber die Säure entfernt ist, kann man das Feuer nicht ohne Gefahr anwenden. Ja selbst, wenn man die Abdampfung im Vacuo bewerkstelligt, zeigen sich bisweilen Spuren von Zersetzung, sobald man nicht die Verdampfung dadurch beschleunigt, daſs man die danebengestellte Schwefelsäure umschüttelt, und die erste Portion derselben, nachdem sie ihre Dienste gethan, durch eine neue ersetzt.

Zuweilen habe ich auch gegen das Ende kaustisches Kali neben sie gestellt, um die noch rückständige Chlorwasserstoffsäure dadurch leichter fortzuschaffen, was jedoch nicht nöthig ist, sobald man die Abdampfung so weit ermäſsigt, daſs noch etwa der fünfte Theil der Flüssigkeit übrig bleibt, und darauf die schon deutlich gebil-

Digitized by Google

deten Krystalle mit sehr wenig Wasser abwäscht. Wenn die Krystalle hernach durch kochendes Wasser getrocknet werden, ist es nicht einmal nöthig, so sorgfältig zu verfahren.

Aus den abgegossenen Portionen der Flüssigkeit, sogar aus der letzten und vorletzten, kann man auf eben die Weise noch einige Krystalle gewinnen, jedoch nicht ohne viele Arbeit rein erhalten. Gewöhnlich schieſst nur aus der ersten Portion der abgegossenen Flüssigkeit eine merkliche Menge Chlorkalium an; späterhin zeigen sich auch braunrothe Krystalle, die ich ihrer geringen Menge wegen nicht weiter untersucht habe.

Ich muſs hier abermals, wie auf S. 499., bemerken, daſs in der rohen Flüssigkeit auſser dem entzündlichen Chlorplatin und der Chlorwasserstoffsäure immer die Substanz vorhanden ist, welche jener Flüssigkeit eine braune Farbe und einen eigenthümlichen Geruch ertheilt. Ob aber diese Substanz zugleich mit dem entzündlichen Chlorplatin gebildet werde, oder ein Erzeugniſs aus der Zersetzung desselben sey, ist noch unentschieden.

Wir kommen nun zum schwierigeren Theil der Untersuchung, nämlich zur Analyse dieses entzündlichen Salzes, welche ich mit aller Sorgfalt angestellt habe. Denn die genaue Kenntniſs der Bestandtheile dieses Körpers schien mir sehr wünschenswerth, nicht nur weil diese Verbindung einen Verein von selten zusammen vorkommenden Elementen darbietet, sondern auch, weil durch eine richtige Ausmittelung des Verhältnisses zwischen dem Kohlenstoff, Wasserstoff und Chlor vielleicht einiges Licht auf die Natur des Chloräthers und anderer Verbindungen dieser Art geworfen wird, auf deren Untersuchung in der neusten Zeit Despretz, Serullas, Hennel, Dumas und Boullay, Morin und Andere viele Mühe verwandt haben.

Da ich bei mehreren Versuchen verschiedene Por-

tionen dieses Salzes zu trocknen batte, so habe ich diese Gelegenheit benutzt, den Wassergehalt desselben zu bestimmen.

1. Versuch. 8,208 Grm. des Salzes, von anhängender Chlorwasserstoffsäure wohl befreit und darauf zu Pulver zerrieben, wurden, neben Schwefelsäure, so lange im Vacuo stehen gelassen, bis sie nichts mehr am Gewicht verloren. Nach 36 Stunden wogen sie nur 7,771 Grammen. Hundert Theile des Salzes bestehen demnach aus:

94,676 wasserfreiem Salze
5,324 Wasser

2. Versuch. 2,264 Grm. des wasserhaltigen Salzes gaben in demselben Prozesse 2,162 Grm., bestanden also im Hundert aus:

95,4947 wasserfreiem Salze
4,5053 Wasser.

3. Versuch. 1,52 Grm. eben so behandelt, hinterlieſsen 1,448 Grm., lieferten also in 100:

95,263 wasserfreiem Salz
4,737 Wasser.

4. Versuch. Da ich später fand, daſs das Salz durch siedendes Wasser in kurzer Zeit auf denselben Grad von Trockenheit gebracht werden könne, wie durch lange Aufbewahrung im Vacuo, so erwärmte ich 4,89 Grm. des zerriebenen Salzes in einer von siedendem Wasser umgebenen Platinschale, bis sie nichts mehr am Gewicht verloren. Hiezu war eine Stunde erforderlich. Es hinterblieben 4,635 Grm., was in 100 giebt:

94,785 Salz
5,215 Wasser.

5. Versuch. 2,2715 Grm., ebenfalls durch kochendes Wasser ausgetrocknet, und zwar in einem eigends dazu eingerichteten Apparat (nämlich einer leichten, in der Mitte zu einer Kugel ausgeblasenen und an beiden Enden offenen Glasröhre, die in ein kupfernes Gefäſs

Digitized by Google

eingeschlossen war, so daſs ihre Enden herausragten und sie mit dem Horizont einen Winkel von einigen Graden bildete, die Kugel aber, welche die auszutrocknende Substanz enthielt, überall von kochendem Wasser umgeben war) hinterlieſsen 2,154 Grm. Dieſs giebt in 100:

94,827 Salz
5,173 Wasser.

6. Versuch. Daſs der Unterschied zwischen diesen Resultaten nicht beträchtlich sey, wird man leicht zugeben; anders verhält es sich jedoch mit einem Versuche, zu dem Krystalle von seltner Schönheit und Gröſse angewandt wurden. Denn als 1,606 Grm. derselben in unzerkleinertem Zustande hinreichend lange im Vacuo gelassen wurden, blieben 1,519 Grm. zurück, wovon 1,505 Grammen, als sie abermals in das Vacuum gebracht wurden, auf 1,486 Grm. zurückkamen. Wir haben hier demnach in 100 nur:

93,3873 Salz
6,6127 Wasser,

welcher Unterschied, wenn er nicht wesentlich ist, wie wir später sehen werden, mir von der Chlorwasserstoffsäure, die sich von den groſsen Krystallen schwieriger entfernen läſst, herzurühren scheint.

Da das Platin, welches in dem entzündlichen Platin-Kali-Salz enthalten ist, nicht durch bloſses Glühen von allem Chlor befreit werden kann, so habe ich Kali zu Hülfe genommen. Zu dem Ende vermischte ich eine gewogene Menge des trocknen Salzes in einem Porcellantiegel sorgfältig mit einer groſsen Menge kohlensauren Kali's, und bedeckte die Mischung noch mit einer Schicht von kohlensaurem Kali, damit beim Glühen nichts von der Chlorwasserstoffsäure entweiche. Hierauf erhitzte ich den Tiegel anfangs mäſsig, späterhin stärker, bis die glühende Masse hie und da zu schmelzen anfing. Nach dem Erkalten digerirte ich die Masse mit Wasser, anfangs mit reinem, darauf, damit kein Kali bei dem Platin

Digitized by Google

zurückbleibe, mit einem Zusatz von Salpetersäure. Nachdem mit dem Aufgieſsen von frischem Wasser, und dem Abgieſsen der Flüssigkeit, die ihre Dienste gethan, so lange fortgefahren worden, bis kein Chlor mehr rückständig war, wurde die übriggebliebene Masse, aus Platin und etwas Kohle bestehend, in demselben Tiegel verbrannt, bis sich kein Gewichtsverlust mehr zeigte. Da es schwer zu vermeiden war, daſs nicht das aufgegossene Wasser einige Platinflitterchen mit fortnahm, so wurden diese, wenn sie sich nicht von selbst absetzten, so daſs sie der übrigen Masse hinzugefügt werden konnten, auf ein Filtrum gebracht, welches ich hernach einäscherte. Hieraus ergab sich dann die Menge des Platins in dem untersuchten Salze. Es muſs jedoch hiebei erinnert werden, daſs man die Salpetersäure nicht eher zusetze, als bis fast alles Chlorkalium fortgeschaft ist, weil sonst Königswasser entsteht, welches wieder etwas Platin auflösen könnte.

Um die Menge des Chlors zu erfahren, wurde die abgegossene und nöthigenfalls filtrirte Flüssigkeit mit Salpetersäure gesättigt, und darauf mit salpetersaurem Silberoxyd gefällt. Das entstandene Chlorsilber wurde, ohne Filtrum, wohl ausgewaschen, in einem Glasgefäſs bis zum Schmelzen erhitzt und gewogen.

Nachdem ich so den eingeschlagenen Weg im Allgemeinen angegeben habe, will ich nun die einzelnen Resultate aufzählen.

1. Versuch. 2,026 Grm. des Salzes gaben 1,04 Grm. reinen Platins, in 100 also:

51,3326 Platin.

Das Chlorsilber von obiger Salzmenge wog 2,325 Grammen, worin, da nach Berzelius 1351,607 Silber sich mit 442,65 Chlor verbinden, 0,57359 Grm. Chlor enthalten sind. Dieſs macht auf 100 Th. des Salzes:

28,3119 Chlor.

2. Versuch. Aus 1,555 Grm. des Salzes wurden

erhalten 0,795 Grm. Platin und 1,798 Grm. Chlorsilber, also 0,44476 Grm. Chlor. Folglich haben wir in 100 Theilen des Salzes:

51,254 Platin
28,563 Chlor.

Um noch auf einem anderen Wege die Menge des Platins und des Chlorkaliums, so wie auch die des nicht zum Chlorkalium gehörigen Chlors zu bestimmen, verfuhr ich folgendermaſsen. Ich nahm eine Glasröhre, die in der Mitte zur Kugel ausgeblasen war. In diese Kugel brachte ich das zu untersuchende Salz, trocknete es daselbst, und wog es mit der Röhre, deren Gewicht zuvor ermittelt war. Das eine Ende der Röhre verband ich mit einem Apparat, der Wasserstoffgas lieferte, gereinigt durch Kalilauge und getrocknet durch Chlorcalcium; an das andere Ende setzte ich eine Röhre, die so gebogen war, daſs sie in eine groſse Retorte hineinging, deren Hals abermals in eine tubulirte Vorlage führte, welche an der zweiten Oeffnung mit einer langen, dünnen Röhre versehen war. Die Retorte sowohl wie die Vorlage enthielt etwas Ammoniakflüssigkeit. Hierauf wurde Wasserstoffgas, mittelst Zink und Schwefelsäure entwickelt, über das Salz geleitet, anfangs ohne alle Wärme, dann bei allmälig bis zum vollen Glühen der Kugel gesteigerter Hitze, so lange noch Chlorwasserstoffsäure gebildet zu werden schien. Zu verhüten hat man jedoch, das Feuer so zu verstärken, daſs das Glas zu erweichen anfängt, denn sonst setzt sich ein Theil des Platins so fest an dieses an, daſs die hernach vorzunehmende Gewichtsbestimmung desselben ziemlich schwierig wird.

Wie schwer das Chlorwasserstoffsäure-Gas aufzufangen sey, wenn es mit einem andern nicht verschluckbaren Gase gemischt ist, habe ich bei diesem Versuche erfahren. Denn kein Theil des eben beschriebenen Apparats war überflüssig, weil, wenn das Wasserstoffgas nur einigermaſsen schnell überströmte, bald Nebel an der

Digitized by Google

äuſsern Oeffnung des langen Rohrs der Vorlage zum Vorschein kamen.

Nachdem ich die Röhre, welche die zersetzte Masse einschloſs, unter fortwährender Durchleitung von Wasserstoffgas hatte erkalten lassen, goſs ich die verschiedenen Portionen von Ammoniakflüssigkeit zusammen, und wusch alle Theile des Apparates, welche mit dieser Flüssigkeit in Berührung gekommen seyn konnten, sorgfältig ab.

Die zusammengegossene Flüssigkeit wurde mit Salpetersäure gesättigt, und durch salpetersaures Silberoxyd gefällt, dann das entstandene Chlorsilber auf die gewöhnliche Weise bestimmt.

Um nun die feste Masse, welche aus Chlorkalium und Platin nebst einer geringen Beimengung von Kohle bestand, schnell und wo möglich ohne allen Verlust mit Wasser zu digeriren, tauchte ich die Röhre bis zu ihrem oberen Rand senkrecht in warmes Wasser. Nachdem das Chlorkalium sich in Wasser gelöst hatte, wurde der Rückstand auf ein kleines Filtrum gebracht, sorgfältig gewaschen und darauf mit dem Filtrum in einem Porcellantiegel gehörig verbraunt, und das Gewicht des Platins bestimmt.

Das Wasser, worin das Chlorkalium gelöst war, wurde vorsichtig verdampft, und der Rückstand geglüht und gewägt.

Resultat des ersten Versuchs. 1,431 Grm. des Salzes gaben 0,722 Grm. Platin, 0,28 Grm. Chlorkalium und 1,065 Grm. Chlorsilber. 1,065 Grm. Chlorsilber enthalten aber 0,26274 Grm. Chlor. Folglich sind in 100 Th. des Salzes:

50,4535 Platin
19,5661 Chlorkalium
18,3610 Chlor.

Da das Chlorkalium, nach Berzelius, aus 489,916 Kalium und 442,65 Chlor besteht, so haben wir, in 19,5661

Digitized by Google

Chlorkalium, 9,2876 Chlor, welche, zu den übrigen 18,361 Chlor hinzugefügt, 27,6486 ausmachen.

Resultat des zweiten Versuchs. 1,281 Grm. des Salzes lieferten 0,643 Grm. Platin und 0,261 Grm. Chlorkalium, also im 100:

50,198 Platin
20,375 Chlorkalium.

Resultat des dritten Versuchs. 1,094 Grm. des Salzes gaben 0,575 Grm. Platin und 0,216 Grm. Chlorkalium, also im 100:

52,5659 Platin
19,74406 Chlorkalium.

In den beiden letzten Versuchen habe ich die Bestimmung des Chlors mittelst Wasserstoffgas unterlassen. Denn bis auf Kleinigkeiten bleibt das Resultat immer unsicher, da, nach H. Rose*), das Chlorsilber merkbar löslich ist in einer Flüssigkeit, die salpetersaures Ammoniak enthält.

Der etwas groſse Unterschied in der Menge des Platins bei diesen Versuchen rührt wohl hauptsächlich davon her, daſs es mir nur bei dem dritten gelang, das Ansetzen des Platins an das Glas, und überhaupt jeden Verlust gänzlich zu vermeiden.

Es bleibt nun noch der schwierigere Theil der Untersuchung übrig, nämlich die Ausmittlung der Menge des Kohlenstoffs und Wasserstoffs.

In der Hoffnung, daſs bei den vorhergehenden Versuchen der Gewichtsunterschied zwischen dem angewandten Salze und der in der Röhre zurückgebliebenen Masse hier von einigen Nutzen seyn könne, wenigstens zur Bestimmung des Kohlenstoffs, habe ich jenen Unterschied bei dem ersten und zweiten Versuche aufgezeichnet. Da ich aber hernach bemerkte, daſs immer etwas Kohlenstoff fortgehe, schien mir dieses unnöthig.

*) Ueber die Verbindung des Phosphors mit dem Wasserstoff und den Metallen in Poggendorff's Annalen, Bd. VI. S. 207.

Was den Kohlenstoff betrifft, so konnte man sich bei der bloſsen Analyse mit Kupferoxyd beruhigen, der jedoch noch eine andere Methode hinzugefügt wurde, weil ich immer der Kohlensäure etwas entzündliches Gas beigemengt fand. Ob dieſs davon herrührte, daſs hier Kohlenwasserstoff mit Chlorwasserstoff gemischt war, lasse ich dahin gestellt. Da das entzündliche Gas ohne Zweifel gänzlich vom Kohlenwasserstoff hervorgebracht wurde, so muſste auch die Wassermenge, streng genommen, etwas zu klein ausfallen.

Erster Versuch. 0,695 Grm. des Salzes wurden mit etwa 50 Grm. frisch geglühten Kupferoxyds gemischt, in eine paſsliche Röhre gebracht, und noch mit vielem Oxyd überschüttet. Um die Mischung von allem etwa wiederum absorbirten Wasser zu befreien, wurde die Röhre lange Zeit mit der ausgepumpten und Schwefelsäure enthaltenden Glocke einer Luftpumpe in Berührung gelassen. Hierauf wurde diese Röhre mit einer zweiten Röhre in Verbindung gesetzt, die mit Chlorcalcium gefüllt, am vorderen Ende zu einer Kugel ausgeblasen, und hier abermals mit einer zur Fortführung der Luft dienenden und hernach in Quecksilber getauchten Röhre verbunden war. Nun wurde zuerst der Theil der Verbrennungsröhre, welcher das bloſse Oxyd enthielt, mittelst einer Lampe erhitzt, und darauf auch, mittelst einer kleinen Lampe, die übrigen Theile der Röhre, bis nichts mehr entwich. Endlich wurde die Röhre schnell mit einem Silberblech bekleidet, über einen Ofen gebracht, und so stark erhitzt als es nur das Glas ertragen konnte, so lange bis alle Gasentwicklung aufhörte. Nach dem Erkalten wurde das Wasser gewägt und das Gas gemessen.

Das Wasser wog 0,096 Grm. Das Gas betrug 99 Cubikcentimeter, bei 24° C. und 28" P. Barometerstand.

Da das Wasser aus 100 Sauerstoff und 12,48 Wasserstoff besteht, so sind in jenen 0,096 Grm. Wasser

Digitized by Google

0,010652 Grm. Wasserstoff. Dieſs macht auf 100 Th. des Salzes:

1,53259 Wasserstoff

99 C. C. eines Gases bei 24° C. sind ferner 90,8 C. C. bei 0° C., und, wenn diese ganz aus Kohlensäure bestehen, sind darin 0,0497069 Grm. Kohlenstoff enthalten.

Denn, wenn wir das specifische Gewicht der Kohlensäure zu 1,524, und, nach Biot und Arago, das Gewicht von 1000 Kubikcentimetern atmosphärischer Luft bei 0° C. und 28″ P zu 1,2991 Grm. annehmen, so folgt, daſs 1000 Cubikcentimeter Kohlensäure bei 0° und 28″ P. wiegen: 1,97983 Grm. Wenn also, nach Berzelius, in 276,436 Gewichtstheilen Kohlensäure enthalten sind 76,436 Kohlenstoff, so haben wir in 1,97983 Gewichtstheilen, d. h., bei 0° und 28″, in 1000 Cubikcentimet. dieser Säure, 0,547433 Grm. Kohlenstoff. Hienach giebt die Rechnung auf 0,695 Grm. des Salzes, 0,0497069 Grm. Kohlenstoff, folglich auf 100 Th. des Salzes:

7,152 Kohlenstoff.

Jene 99 Cubikcentimet. Gas enthielten nämlich nicht bloſs die zuvor im Apparate befindliche atmosphärische Luft, sondern auch etwas von entzündlichem Gase. Daſs die erstere hier ohne Einfluſs sey, wenigstens auf den Stand des Quecksilbers, ist leicht einzusehen. Was aber das letztere betrifft, so ist zu bemerken, daſs es, wenn es aus Kohlenoxydgas oder Einfach-Kohlenwasserstoff besteht, keinen Einfluſs hat auf die Berechnung des Kohlenstoffs, da die eben genannten Gase bei ihrer Verwandlung in Kohlensäure ihr Volumen nicht ändern. Eine geringe Portion dieses Gases, die bei einem solchen Versuche nach Austreibung der Luft aufgefangen worden war, zeigte sich auch, als sie durch Hülfe eines elektrischen Funkens mit Sauerstoff verbrennt wurde, nahe wie Einfach-Kohlenwasserstoffgas zusammengesetzt. Da es indeſs bekannt ist, daſs das Kohlenwasserstoffgas je nach der Hitze, die es erleidet, anders zusammengesetzt ist,

Digitized by Google

und da es darnach möglich wäre, daſs auch die Natur jenes Gases nicht immer ganz gleich ausfiele, so wäre es besser, wenn man es ganz vermeiden könnte.

Ueberdieſs ist noch folgendes zu bemerken. Da ich beabsichtigte, die schon vor dem Versuch gewogene Röhre nochmals zu wägen, und deshalb das Abschneiden des vorderen Theils der Röhre, der immer etwas Wasser enthält, vermeiden wollte, so steckte ich bei Anfange des Versuchs ein leichtes dünnes Röhrchen, welches mit Flieſspapier umwickelt war, hinein, und wägte dasselbe zuvor gemeinschaftlich mit der Röhre, in welcher sich das Chlorcalcium befand. Nach Beendigung des Versuchs zog ich das Röhrchen mit einer kleinen Zange heraus, und wog es, in ein anderes Röhrchen eingeschlossen, abermals.

Jene Wägung der Verbrennungsröhre gewährte mir aber keinen Nutzen. Denn immer hatte ich, damit kein Kohlenstoff zurückbleibe, das Feuer so verstärkt, daſs die Silberhülle hie und da am Glase fest saſs. Zur Fortschaffung jener Portion Wasser, besonders aber zur Vermeidung des nachtheiligen Tropfens, welcher sich an die Mündung der Röhre ansetzt, fand ich diese Vorrichtung so paſslich, daſs ich sie in den folgenden Versuchen statt des Ausziehens der Röhre vor der Lampe anwandte. Damit indessen durch den gröſseren Umfang der Röhre, der sich vielleicht von auſsen mit Wasserdunst überzogen haben könnte, kein Fehler entstehe, schnitt ich diesen Theil ab, trocknete ihn durch Erwärmung und wägte ihn dann abermals.

Zweiter Versuch. 1,001 Grm. des Salzes, ganz auf eben die Art untersucht, gaben 0,148 Grm. Wasser, also 0,01642 Wasserstoff, und, bei 27° C. und 28″, 140 Cubikcentimeter Gas, welche, bei 0° und 28″, 127 C. C. betragen und 0,06959 Kohlenstoff enthalten. In 100 Th. des Salzes haben wir demnach:

1,64035 Wasserstoff
6,94545 Kohlenstoff.

Drit-

Digitized by Google

Dritter Versuch. 0,981 Grm. des Salzes untersuchte ich mit der Abänderung, daſs ich die Masse, nachdem sie in die Verbrennungsröhre geschüttet war, folgendermaſsen austrocknete. Mit jener Röhre verband ich eine andere, die Chlorcalcium enthielt, und diese wiederum durch eine dritte Röhre mit einer kleinen Glocke, die auf dem Teller einer Luftpumpe stand. Hierauf brachte ich die Verbrennungsröhre in horizontaler Lage in einen zu diesem Zweck verfertigten und mit Wasser gefüllten Trog, und setzte ihn hier fortwährend der Siedhitze aus, während ich zugleich die Luft zu wiederholten Malen auspumpte und langsam wieder einströmen lieſs. Diese Abänderung war von groſsem Nutzen; denn das erzeugte Wasser wog 0,106 Grm., und, da hierin 0,01176 Wasserstoff enthalten sind, kommen auf 100 Th. des Salzes nur:

1,1987 Wasserstoff.

Das Gasvolumen betrug 135 Cubikcentimeter bei 25° und 28″, also 123,43 C. C. bei 0° und 28″, worin 0,067569 Kohlenstoff, dieſs macht auf 100 Th. Salz:

6,8861 Kohlenstoff.

Vierter Versuch. 1,161 Grm. des Salzes, ganz auf dieselbe Weise untersucht, gaben 0,109 Grm. Wasser, also 0,012094 Wasserstoff; dieſs macht auf 100 Th. Salz:

1,04169 Wasserstoff.

Die Menge der Kohlensäure betrug 153 Cubikcentimeter bei 28″ und 24°, also 140,4 C. C. bei 28″ und 0°, worin 0,076837 Kohlenstoff; in 100 Th. des Salzes sind also:

6,619 Kohlenstoff.

Fünfter Versuch. Diesen Versuch stellte ich nur wegen der Kohlensäure an, und zwar mit der Abänderung, daſs ich das Austrocknungsrohr fortlieſs. Das Erhitzen bewerkstelligte ich mit einer *zusammengesetzten Lampe*, die eigends hiezu verfertigt worden war und ihrem Zweck vollkommen entsprach *).

*) Diese *zusammengesetzte Lampe* besteht aus vier kleineren Lam-

1,23 Grm. des Salzes lieferten in diesem Versuche 137 Cubikcentim. bei 22° und 28",4, also 128,37 C. C. bei 0° und 28", folglich 0,070293 Grm. Kohlenstoff; dieſs macht auf 100 Th. des Salzes:

5,7113 Kohlenstoff.

Der Grund, weshalb dieser Versuch eine geringere Menge Kohlenstoff lieferte, ist sicher nicht darin zu suchen, daſs die angewandte Lampe etwa eine geringere Hitze gab (denn mittelst derselben konnte das Glas nicht bloſs unten, sondern auch oben leicht geschmolzen werden), sondern vielmehr in einem bei Messung der Luft begangenen Fehler.

Ich habe auſserdem noch andere Methoden zur Bestimmung der Menge des Wasserstoffs angewandt, die man hier vielleicht nicht ungern mit der gewöhnlichen verglichen sehen wird.

Zuerst habe ich hiezu Platinchlorür angewandt. Dieſs Chlorür, welches man ganz frei von Chlorwasserstoffsäure und Wasserstoff haben kann, verliert nämlich in einer gewissen Wärme sein Chlor, indem sich der Kohlenwasserstoff in Chlorwasserstoff verwandelt.

pen, von denen jede einen geraden, wie in der Argand'schen Lampe nach Belieben hinauf und herab zu schraubenden Docht besitzt, und durch einen seitwärts angebrachten Behälter mit Weingeist gespeist wird. Wenn mittelst derselben das horizontal liegende Rohr erhitzt werden soll, so müssen sie so aufgestellt werden, daſs je zwei Lampen mit ihren Seiten um $\frac{1}{3}$ Zoll von einander stehen, und die Enden jedes Paares an einander stoſsen. Hierauf werden alle Dochte, wie in der Berzelius'schen Lampe, mit einem eisernen Schornstein umgeben, der einen doppelten Luftzug gestattet. Damit der obere Theil der Röhre eben so gut wie der untere in's Glühen komme, wird auf den Schornstein ein sich über die Röhre wölbender Scheinwerfer aufgesetzt. Ein jedes Lampenpaar hat auch seinen eigenen Schornstein und seinen eigenen Scheinwerfer, so daſs man hiedurch leicht zuerst nur einen Theil, darauf, durch Vereinigung beider Lampenpaare, die ganze Röhre erhitzen kann. Die Figuren 1, 2, 3 Taf. VI. zeigen ein solches Lampenpaar nebst seinem Schornstein und Scheinwerfer in halber Gröſse.

0,805 Grm. des Salzes vermischte ich mit einer groſsen Menge dieses Chlorürs, that die Mischung in eine Glasröhre und überschüttete sie noch mit einer hinlänglichen Menge des Chlorürs. Nachdem die Masse hierauf in siedendem Wasser ausgetrocknet worden war, verband ich die Verbrennungsröhre mit einer andern zur Fortleitung der Gase geeigneten Röhre, und verfuhr im Uebrigen wie bei der mittelst Kupferoxyd angestellten Verbrennung. Die Röhre wurde gehörig erhitzt, mit der Vorsicht, daſs der hintere Theil derselben nicht eher in's Glühen kam als der vordere, welcher bloſs das Chlorür enthielt. Das zu dieser Operation angewandte Quecksilber befreite ich auf's Sorgfältigste von aller Feuchtigkeit, damit nicht Chlorwasserstoffgas daran haften bleibe. Die äuſserst geringe Menge von Chlor, welche dem gasigen Producte beigemischt war, wurde, vor dem Messen, durch Schütteln mit dem Quecksilber entfernt.

Auf diese Weise lieferten jene 0,805 Grm. des Salzes 210 Cubikcentimeter Gas bei $28'',5$ und 22°. Dieses Gas bestand aber aus 189 Cubikcentimetern Chlorwasserstoff und 21 Cubikcentimetern Kohlenwasserstoff. 210 Maaſse bei $28'',5$ und 22° machen 197,46 Maaſse bei $28''$ und 0°, und 210 : 21 : : 197,46 : 19,74. Bei $28''$ und 0° haben wir also 177,72 Cubikcentimeter Chlorwasserstoffgas und 19,74 C. C. Kohlenwasserstoffgas. Da nun 1 Maaſs Chlorwasserstoffgas enthält $\frac{1}{2}$ Maaſs Wasserstoffgas, 1 Maaſs Kohlenwasserstoffgas aber 2 Maaſs Wasserstoffgas, so folgt, daſs in der bei diesem Versuch erhaltenen Gasmasse befindlich sind $= \frac{1}{2}(177,72) + 2 \times 19,74 = 88,86 + 39,48 = 128,34$ Cubikcentimer Wasserstoffgas bei $28''$ und 0°. Da das Gewicht dieses Volumens 0,01144064 Grm. ist, so haben wir in 100 Th. Salz:

1,4212 Wasserstoff.

Obgleich nun bei diesem Versuche die Beimischung des Kohlenwasserstoffgases nicht vermieden wurde (was ich, wie leicht zu ersehen ist, gerade durch den Zusatz von

Digitized by Google

Chlorür gehoft hatte), so zweifle ich doch nicht, daſs es auf diese Weise geschehen könnte. Mangel an Zeit erlaubte mir aber nicht, den Versuch zu wiederholen.

Endlich habe ich auch, obgleich frühere Versuche mich belehrten, daſs von der trocknen Destillation des Salzes für sich keine ganz genaue Bestimmung des Wasserstoffs zu hoffen sey, auf diese Weise gesucht, den Wasserstoff zu bestimmen, da ich die hiebei ausgeschiedene Menge von Aether für sehr geringe halte.

1,672 Grm. des Salzes, die ganz von Wasser befreit waren, wurden in einem pneumatischen Destillationsgefäſs erhitzt, und das sich enwickelnde Gas in zwei Portionen getheilt aufgefangen. Die erste Portion enthielt 69 Cubikcentimeter Chlorwasserstoff und 49 C. C. Kohlenwasserstoff; die zweite aber 72 Cubikcentimeter Chlorwasserstoff und 18 C. C. Kohlenwasserstoff. Im Apparate blieben nach dem Erkalten etwa 4 C. C. Gas, die man als bestehend aus 3 C. C. Chlorwasserstoff und 1 C. C. Kohlenwasserstoff ansehen kann. In Allem waren daher aufgefangen: 144 C.C. Chlorwasserstoff und 68 C. C. Kohlenwasserstoff. Das Thermometer zeigte 20°, das Barometer 28''. Zufolge der vorhin angeführten Rechnung sind in diesem Luftvolumen enthalten: 72+136 =208 Cubikcent. Wasserstoffgas bei 20° und 28'' oder 197 C. C. bei 0° und 28'', also 0,0176078 Grm. Wasserstoff. In 100 Th. des Salzes sind demnach

1,0531 Wasserstoff.

In 100 *Theilen des wasserfreien Salzes* wurden demnach gefunden:

A. Durch die Versuche, in denen nur die Menge des Platins und die Gesammtmenge des Chlors bestimmt wurden (S. 522.).

Platin	51,3326	51,254
Chlor	28,3119	28,563.

B. Durch den Versuch, in welchem die Menge des

Platins, des Chlorkaliums und des übrigen Chlors bestimmt wurden (S. 524.).

Platin	50,4535			
Chlorkalium	19,5661 =	{	Kalium	10,2785
			Chlor	9,2876

Uebriges Chlor 18,3610.

C. Durch die Versuche, in welchen nur die Menge des Platins und des Chlorkaliums bestimmt wurden (S. 525.):

Platin	50,198	52,5659
Chlorkalium	20,375	19,74406.

D. Durch die Versuche, in welchen nur die Menge des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs bestimmt wurde (S. 525. bis 529.):

Kohlenstoff	7,1520	6,94545	6,8861	6,61910
Wasserstoff	1,53259	1,64035	1,1987	1,04169.

E. Durch den Versuch, in welchem nur die Menge des Kohlenstoffs bestimmt wurde (S. 530.):

Kohlenstoff 5,7113.

F. Durch die Versuche, in welchen nur die Menge des Wasserstoffs bestimmt wurde (S. 531. und 532.):

Wasserstoff 1,4212 1,0531.

Die Wassermenge in 100 Th. des krystallisirten Salzes betrug nach den Versuchen (S. 520.):

5,324 4,505 4,737 5,215 5,173 6,6127.

Mit Zugrundlegung der von Berzelius angenommenen Atomengewichte ergiebt sich hieraus für das entzündliche Kali-Platin-Salz im wasserfreien Zustande folgende Zusammensetzung:

			In 100.
2 At.	Platin	= 2466,5200	53,157203
4 -	Chlor	= 885,3000	19,079542
1 -	Kalium	= 489,9160	9,539773
2 -	Chlor	= 442,6500	10,558424
4 -	Kohle	= 305,7440	6,589242
8 -	Wasserstoff	= 49,9184	1,075816
		4640,0484	100,000000.

Digitized by Google

Ferner sind in dem krystallisirten Salze zwei Atome Wasser = 224,96, wonach das Atomengewicht desselben wird = 4865,0084, und sein Wassergehalt im Hundert = 4,625. Nach den Versuchen, wenn man den letzten ausschlieſst, beträgt derselbe im Mittel 4,97.

Die Abweichung des Ergebnisses der Versuche von dem der Rechnung ist meines Bedünkens nirgends so groſs, daſs man nicht die angenommene Zusammensetzung für richtig halten sollte. Zwar zeigen sich hie und da einige etwas starke Abweichungen; wenn man aber bedenkt, daſs ein Verlust von Platin bei diesen Versuchen fast unvermeidlich ist *), daſs die gröſsere Menge von Wasser bei deme rsten und zweiten Versuche, S. 526. und 528., der unzulänglichen Austrocknungsweise zugeschrieben werden muſs, daſs es sehr schwierig ist, bei der Bestimmung des Krystallwassers die Krystalle von allem nur anhaftenden Wasser völlig zu befreien, und endlich, daſs die Krystalle hiebei gepülvert gewogen wurden; so wird man, wenn man sich zugleich des bei den einzelnen Versuchen Angeführten erinnert, die Abweichungen, wenn auch nicht entschuldigt, doch sicher erklärlich finden **).

*) Daſs etwas Platin verloren gegangen sey, geht auch daraus hervor, daſs z. B. beim ersten Versuch, S. 524., die Chlormenge gröſser war, als sie nach der daselbst erhaltenen Menge des Platins seyn muſste; denn 50,4535 Platin erfordern 18,109 Chlor, wogegen 18,361 gefunden wurden; und doch war auch hier ein Verlust an Chlor unvermeidlich.

**) Morin, in seiner Abhandlung über die Einwirkung des Chlors auf den Doppelt-Kohlenwasserstoffs, sagt, das entzündliche Gas, welches aus dem durch Erhitzung zerstörten Chloräther entstehe, sey so zusammengesetzt, daſs 1 Vol. desselben beim Verbrennen 1,6 Vol. Sauerstoff verzehre und 0,6 Vol. Kohlensäure gebe. Wenn dem so ist, wird es mir leicht zu erklären, weshalb einige meiner Versuche eine zu groſse Menge Kohlenstoff gaben; denn je gröſser bei ihnen die Menge des beigemischten entzündlichen Gases war (von dem 1 Vol., wie ich angenommen habe, beim Verbrennen 1 Vol. Kohlensäure geben), desto kleiner war auch daselbst die berechnete Menge des Kohlenstoffs. Siehe S. 527.

Digitized by Google

Bemerken muſs ich indeſs noch, daſs die Krystalle, welche in dem auf S. 521. beschriebenen Versuche 6,6 Procent Wasser verloren, nicht nur, wie auch gesagt, gröſser waren, als die gewöhnlichen, sondern auch von diesen in ihrer Gestalt etwas abwichen.

Bemerkenswerth ist auch, daſs der gröſsere Gewichtsverlust sehr wohl mit der Annahme von 3 At. Krystallwasser übereinstimmt, denn diese giebt 6,779 Procent. Ich besitze noch einige dieser Krystalle, welche ich einmal bei einer sehr langsamen Verdampfung erhielt, welche ich aber ihrer Seltenheit und Schönheit wegen nicht verbrauchen wollte.

Aus den Bestandtheilsverhältnissen des entzündlichen Kali-Platin-Salzes ergiebt sich für das *entzündliche Chlorplatin* folgende Zusammensetzung:

				In 100.
1	Atom	Platin	1233,2600	66,528
2	-	Chlor	442,6500	23,879
2	-	Kohlenwasserstoff	152,8720	8,247
4	-	Wasserstoff	24,9592	1,346
			1854,9412	100,000.

Es ist nun noch die Frage, wie das entzündliche Chlorplatin eigentlich zusammengesetzt sey. Das *Platinchlorür* besteht aus 1 At. Platin und 2 At. Chlor, der *Doppelt-Kohlenwasserstoff* aus 2 At. Wasserstoff und 1 At. Kohlenstoff, und das *Kohlenwasserstoffchlorür* oder der aus Alkohol bereitete Chloräther, nach der gewöhnlichen Annahme, aus 2 At. Kohlenwasserstoff und 1 At. Chlor. Es fragt sich nun, ob die Formel für das entzündliche Chlorplatin sey *):

$$PtCl^2 + 2H^2C,$$

*) Um Miſsverständnissen vorzubeugen, muſs ich hier bemerken, daſs auf dem ersten Bogen dieser Abhandlung, namentlich auf S. 510., das Wort *Platinchlorid*, wie in der lateinischen Urschrift, oft im allgemeinen Sinne, als synonym mit *Chlorplatin*,

Digitized by Google

oder:

$$PtCl + (2H^2C + Cl),$$

und die für das entzündliche Kali-Platin-Salz:

$$2PtCl^2 + 4H^2C + KCl^2,$$

oder:

$$2PtCl + 2(2H^2C + Cl) + KCl^2,$$

oder, wenn man will:

$$2(PtCl + 2H^2C + Cl) + KCl^2.$$

Vor Allem müssen wir hier erwägen, auf welche Weise das entzündliche Chlorplatin und dessen Verbindung mit Chlorkalium sich gegen das salpetersaure Silberoxyd verhalten (S. 510.). Nimmt man an, der ganze Chlorgehalt des entzündlichen Chlorplatins sey mit dem Platin verbunden, so ist nicht wohl einzusehen, weshalb nur ein Theil des Chlors an das Silber geht. Nimmt man aber an, es sey nur ein Atom des Chlors mit dem Platin vereinigt, das andere aber mit dem Kohlenwasserstoff, so ist klar, weshalb, wie auch der Versuch gezeigt hat, nur das Platin, nicht aber der Kohlenwasserstoff, sein Chlor dem Silber abtritt.

Wenn man nun hier für das entzündliche Chlorplatin die Formel $PtCl + 2H^2C + Cl$ annimmt, so ergiebt sich dasselbe als eine Verbindung zweier Chloride, so wie das entzündliche Kali-Platin-Salz als eine Verbindung dreier Chloride (oder, wenn man lieber will, als eine Verbindung eines zusammengesetzten Chlorids mit

eine jede Verbindung von Chlor und Platin bezeichnend, gebraucht worden ist, folglich nicht als specielle Benennung für das höchste Chlorplatin ($PtCl^4$). Die in Rede stehende Verbindung, welche vorhin *entzündliches Platinchlorid* (*Chloridum platinae inflammabile*) genannt wurde, ist, gemäſs der Analyse des Verfassers, eine Verbindung, entweder von *Platinchlorür* mit Doppelt-Kohlenwasserstoff, oder von einem, sonst noch nicht gekannten, *Platinsubchlorür* mit Chlorkohlenwasserstoff. Will man daher die Chlorungsstufe des Platins im Namen nicht aussprechen, so ist es unstreitig richtiger, *entzündliches Chlorplatin* zu sagen. *P.*

einem einfachen Chlorid), und dieſs stimmt mit dem, was wir von den Oxyden und Sulphureten wissen, wohl überein. Anzunehmen, daſs das entzündliche Chlorid eine Verbindung eines Chlorids mit einem Carbonid, und das entzündliche Salz eine Verbindung zweier Chloride mit einem Carbonid sey (nach Art der Verbindungen der Oxyde mit den Sulphureten), wäre zwar nicht ganz ungereimt, scheint aber nicht so gut dem gewöhnlichen Verhalten chemischer Verbindungen zu entsprechen.

Es ist mir indeſs nicht entgangen, daſs es andererseits Erscheinungen giebt, welche die Idee, das entzündliche Chlorplatin bestehe aus Platinchlorür und Doppelt-Kohlenwasserstoff, zu begünstigen scheinen, wie unvollkommen auch die Versuche waren, den Aether ganz abzuscheiden (S. 511.). Zur Erklärung der Erscheinung mit dem salpetersauren Silberoxyd ist dann aber anzunehmen, eine gewisse Portion des Chlorürs sey so stark von Doppelt-Kohlenwasserstoff gebunden, daſs es von dem salpetersauren Silberoxyd nicht zersetzt werde *).

Es ist auch wohl hier der Ort, eine neulich von Morin »über die Wirkung des Chlors auf den Doppelt-Kohlenwasserstoff« bekannt gemachte Abhandlung **) zu berücksichtigen, worin derselbe durch neue Versuche zu beweisen sucht: *a*) daſs der ölige Körper, welcher aus Chlor und ölbildendem Gase entsteht, durchaus einerlei ist mit dem Chloräther, der bei Einwirkung des Chlors auf Alkohol oder Aether gebildet wird; und *b*) daſs der eine wie der andere 2 Atome Kohlenstoff, 3 At. Wasserstoff und 1 At. Chlor enthält. Es folgt hieraus: *α*) daſs

*) Ueberdieſs ist zu bemerken, daſs das entzündliche Kali-Platin-Salz, wie man auch dasselbe zusammengesetzt betrachten mag, 2 Atome Chlorplatin auf 1 At. Chlorkalium enthält, während das gewöhnliche Kali-Platin-Salz $= PtCl^4 + KCl^2$, und das rothe Kali-Platin-Salz, nach Magnus, $= PtCl^2 + KCl^2$ ist.

**) *Ann. de chim. et de phys. T. XLIII. p.* 325.; und diese Annalen, Bd. XIX. (95.) S. 61.

es keine Verbindung dieser Art giebt, die 2 At. Kohlenstoff auf 2 At. Chlor enthielt (was jedoch früher von dem mit ölbildendem Gase entstehenden Körper behauptet wurde); und β) *daſs, wie auch der Chlorkohlenwasserstoff bereitet seyn mag, dennoch in ihm der Kohlenstoff und Wasserstoff niemals in demselben Verhältnisse wie im Kohlenwasserstoff stehen*, wie ebenfalls früher angegeben worden ist. Aus diesem Grunde betrachtet der genannte Chemiker den Chloräther als bestehend aus 1 At. Chlorkohlenstoff (CCl^2) und 3 At. Doppelt-Kohlenwasserstoff (C^3H^6).

Hienach würde ich auch in dem entzündlichen Chlorplatin 6 At. Wasserstoff auf 4 At. Kohlenstoff vermuthen, wenn nicht ein solches Verhältniſs zu sehr von meinen Versuchen abwiche. Nimmt man daher jene Angaben von Morin an, so scheint mir erwiesen, daſs das Chlor in seiner Verbindung mit Platin anders auf den Alkohol zersetzend einwirkt, als für sich allein *).

Nimmt man nun mit Morin an, der gewöhnliche Chloräther bestehe nicht aus Chlor und einem gewissen Kohlenwasserstoff, H^3C^2 nämlich, sondern aus Chlorkohlenstoff und Doppelt-Kohlenwasserstoff, so kann man das entzündliche Chlorplatin als analog dieser Verbindung betrachten, wenn man (das Verhalten des salpetersauren Silberoxyds vernachlässigend) sich so ausdrückt, *das Platin in dem entzündlichen Chlorplatin sey gleichsam der Stellvertreter derjenigen Portion des Kohlenstoffs, welche im Aether mit dem Chlor verbunden ist;* so daſs, wenn der *Chloräther* eine Verbindung von *einem* Atom *Kohlenchlorür* und *drei* Atomen *Doppelt-Kohlenwasserstoff* ist, dagegen das entzündliche Chlorplatin eine

*) Man wird vielleicht fragen, was aus dem Kohlenstoff des Alkohols werde, der durch die Erzeugung der Chlorwasserstoffsäure ausgeschieden wird. Man erinnere sich indeſs nur der Substanz, welche die rothe Flüssigkeit braun färbt und ihr einen besonderen Geruch ertheilt, S. 519.

Digitized by Google

Verbindung von *einem* Atom Platinchlorür und *zwei* Atomen Doppelt-Kohlenwasserstoff seyn würde.

Entzündliches Ammoniak-Platin-Salz.

Chlorammonium, auch hier wie in anderen Chlorverbindungen dem Chlorkalium nachahmend, giebt ein leicht in schönen Krystallen anschieſsendes Salz. Die Verbindungen des Chlornatriums, sowohl mit Platinchlorür, als auch mit dem entzündlichen Chlorplatin, neigen dagegen wenig zur Krystallisation.

Das entzündliche Ammoniak-Platin-Salz wird ganz auf dieselbe Weise, wie das entzündliche Kali-Platin-Salz bereitet, nur daſs man statt 1 Th. Chlorkalium hier etwa 0,718 Th. Chlorammonium auf 4 Th. des umgewandelten Platinchlorids nimmt.

In seinen Eigenschaften weicht dieſs Ammoniaksalz nur wenig von dem entsprechenden Kalisalze ab. Denn Farbe, Glanz, Durchsichtigkeit, Verhalten zur Luft und zum Licht sind wie bei diesem. Die Krystallform, obgleich ebenfalls hemiprismatisch, scheint doch in einigen Stücken von der unseres Kalisalzes abzuweichen. Die Krystalle sind oft länger als einen halben Zoll; zu ihrer Lösung erfordern sie vom Wasser wie vom Alkohol eine geringere Menge.

Ueber Feuer wird dieſs Salz leicht zersetzt, und, hinreichend geglüht, hinterläſst es Platin.

In Wasser gelöst, verhält es sich wie das Kalisalz, man mag es einer mäſsigen oder einer stärkeren Wärme aussetzen. In trocknem Zustande aber erträgt es die Siedhitze des Wassers ganz gut, und giebt dabei dieselbe Menge Wassers, wie bei langer Aufbewahrung im Vacuo.

In Wasser gelöst mit vielem Kali eingekocht, giebt es dieselben Erscheinungen wie jenes Kalisalz; wenn man es aber, mit Zusatz einer zweckmäſsigen Menge Kalilauge, nur einer mäſsigen Wärme aussetzt, giebt es jenen weiſsen Niederschlag, von dem schon S. 516. die Rede war.

Digitized by Google

Platinchlorid schlägt, wie schon S. 506. gesagt, das Chlorammonium nieder.

Wenn das entzündliche Ammoniak-Platin-Salz eine ähnliche Zusammensetzung hat wie das entzündliche Kali-Platin-Salz, so würde es bestehen aus:

1	At.	Platin	1233,2600	56,3507
2	-	Chlor	442,6500	20,2258
1	-	Ammonium	113,4772	5,1851
1	-	Chlor	221,3250	10,1129
2	-	Kohlenstoff	152,8720	6,9851
4	-	Wasserstoff	24,9592	1,1404
			2188,5434	100,0000.

Zur Prüfung dieser Idee stellte ich folgende Versuche an.

A. 1,391 Grm. des Salzes im wasserfreien Zustande verbrannte ich in einem Porcellantiegel, bis nichts als Platin zurückblieb; dieſs wog 0,778 Grm. und macht auf 100 Th. des Salzes:

Platin 55,93.

B. 1,5925 Grm. wasserfreien Salzes mit kohlensaurem Kali, wie vorhin das Kalisalz, geglüht, gaben:

α) 0,898 Grm. Platin, auf 100 Th. Salz also

Platin 56,392.

β) 1,929 Grm. Chlorsilber, worin 0,47589 Grm. Chlor enthalten sind. Dieſs macht auf 100 Th. Salz:

Chlor 29,9.

C. 1,75 Grm. wasserfreien Salzes, eben so durch kohlensaures Kali zersetzt, gaben 2,138 Grm. Chlorsilber, also 0,5274 Chlor, mithin auf 100 Th. Salz:

Chlor 30,14.

Das Platin wurde bei diesem Versuche nicht bestimmt.

Ueber den Gehalt an Krystallwasser stellte ich folgende zwei Versuche an.

A. 1,862 Grm. gepülverter Krystalle gaben 1,75 Grm.

Digitized by Google

wasserfreien Salzes. Dieſs macht auf 100 Th. des krystallisirten Salzes:

Salz	93,9849
Wasser	6,0151.

B. 1,7005 Grm. ebenfalls gepülverter Krystalle gaben 1,5925 Grm. wasserfreien Salzes. Dieſs macht auf 100 Th.:

Salz	93,648
Wasser	6,352.

Das Mittel aus beiden Ergebnissen ist:

wasserfreies Salz	93,8165
Wasser	6,1835.

Da 93,8165:6,1835=2188,5434:144,25 und $\frac{144,250}{112,48}$ =1,28.., so scheint es, als enthalte das krystallisirte Salz 1 At. wasserfreien Salzes und $1\frac{1}{4}$ At. Wasser, d. h. 4 At. wasserfreien Salzes und 5 At. Wasser, oder, wenn man mit einigen Chemikern das Atomengewicht des Chlorammoniums doppelt so groſs, also das Atomengewicht des entzündlichen Ammoniak-Platin-Salzes =4377,0868 nimmt, 2 At. wasserfreien Salzes und 5 Atome Wasser. Nach diesem Verhältnisse würden 100 Th. krystallisirten Salzes enthalten

6,0366 Wasser,

was der obigen Mittelzahl so nahe kommt, daſs sich hiedurch jenes Verhältniſs von Wasser als richtig ergiebt.

Setzte man 3 Atome Wasser auf 2 Atome wasserfreien Salzes voraus, so würde man in 100 Th. 7,1575 Wasser haben; allein ich habe jene beiden Versuche mit so viel Sorgfalt angestellt, daſs eine solche Berichtigung nicht erlaubt scheint.

Unser Ammoniaksalz scheint demnach durch den Krystallwassergehalt vom Kalisalze abzuweichen. Im wasserfreien Zustand ist es aber ohne Zweifel ganz ähnlich dem Kalisalze zusammengesetzt.

Digitized by Google

II. *Gekohlenwasserstofftes Chlorplatin-Ammoniak;*
von W. C. Zeise.

(*Kulbrintet Chlorplatin-Ammoniak etc.*, eine aus den Schriften der K. dänischen Gesellschaft der Wissenschaften besonders abgedruckte und von dem Verfasser übersandte Abhandlung.)

In der vorhergehenden Abhandlung glaube ich unter andern gezeigt zu haben, dafs bei der Wirkung zwischen Platinchlorid und Alkohol ein Stoff entstehe, der, was seine Elemente betrifft, eine Verbindung ist von 1 Atom (*Grundtheil*) Platin, 2 At. Chlor, 2 At. Kohlenstoff und 4 At. Wasserstoff *), und dafs die Verbindungen, welche dieser Stoff mit Chlorkalium und Chlorammonium eingeht, 2 Atome von jenem auf 1 Atom von diesen enthalte, vorausgesetzt, dafs 1 Atom Chlorammonium (Salmiak) $= N^2 H^8 Cl^2$ gesetzt wird.

In jener Abhandlung wollte ich noch nicht entscheiden, wie eigentlich diese Verbindung zusammengesetzt betrachtet werden müsse, und um Nichts durch die Benennung anzudeuten, gebrauchte ich die Namen: *entzündliches Chlorplatin* **), *entzündliches Kali-Platin-Salz*, *entzündliches Ammoniak-Platin-Salz.* Ich bemerkte aber dabei, dafs das entzündliche Chlorplatin betrachtet werden müsse entweder als $Pt Cl^2 + 2 H^2 C$, oder als $Pt Cl + 2 H^2 C + Cl$, auch, dafs die letzte Vorstellung am besten übereinzustimmen scheine mit dem Umstand, dafs nur ein Theil seines Chlorgehalts durch salpetersaures Silberoxyd ausgeschieden werden kann, die erste

*) Vorausgesetzt, dafs 1 Atom Platin $= 1233,26$, 1 Atom Chlor $= 221,325$, 1 At. Kohlenstoff $= 76,436$ und 1 At. Wasserstoff $= 6,2398$ angenommen wird.

**) Man sehe die Anmerkung S. 535. *P.*

Digitized by Google

dagegen mit **Morin's** Resultat in Betreff des Chloräthers, demgemäſs dieser eine Verbindung ist von Chlorkohlenstoff und Kohlenwasserstoff.

Bei ferneren Betrachtungen über das entzündliche Chlorplatin und gewisse Kohlenwasserstoffverbindungen habe ich der ersten Vorstellung (daſs das entzündliche Chlorplatin eine Verbindung sey von Platinchlorür und ölbildendem Gase den Vorzug gegeben.

Nach dieser Vorstellung schien sich nämlich dieser Stoff nicht nur, gemäſs der angeführten Theorie, dem Chloräther besonders gut anzuschlieſsen, sondern auch, zufolge der Versuche von **Dumas** und **Boullay**, den sogenannten zusammengesetzten Aetherarten (sowohl den mit Sauerstoffsäuren, als auch den mit Wasserstoffsäuren), und auch, nach **Serullas's** Versuchen, dem schweren Weinöl und der Schwefelweinsäure. Am besten erhellt dieſs aus folgender Zusammenstellung:

Oxaläther (z. B.)	$4H^2C + C^2O^3 + H^2O$
Schwefelweinsäure	$4H^2C + 2\dddot{S} + H^2O$
Chlorwasserstoffäther	$4H^2C + 2HCl$
Chloräther	$3H^2C + CCl^2$
Entzündliches Chlorplatin	$4H^2C + 2PtCl^2$.

Hiebei kann das Wasserstoffchlorid in dem sogenannten leichten Salzäther als entsprechend betrachtet werden dem Kohlenchlorid in dem sogenannten Chloräther, und dem Platinchlorid in dem entzündlichen oder (wie ich es nun lieber nennen will) gekohlenwasserstofften Chlorplatin; eben so sind in den andern Verbindungen die wasserhaltigen Sauerstoffsäuren als entsprechend jenen Chloriden zu betrachten.

In gewisser Hinsicht scheint das gekohlenwasserstoffte Chlorplatin sich der Schwefelweinsäure am analogsten zu verhalten. Die Salze dieser können nämlich

als: $(4H^2C + \dddot{S}) + (\dot{R} + \dddot{S}) + H^2O$

betrachtet werden, und eben so läſst sich das gekohlenwasserstoffte Chlorplatin-Kalium ansehen

als: $4H^2C + PtCl^2 + (KCl^2 + PtCl^2)$,

und das gekohlenwasserstoffte Chlorplatin-Ammonium

als: $4H^2C + PtCl^2 + (N^2H^8Cl^2 + PtCl^2)$.

Das Platinchlorid in beiden Gliedern entspricht hier der Schwefelsäure in beiden Gliedern des schwefelweinsauren Salzes, und das Kalium- oder Ammoniumchlorid entspricht der oxydirten Basis. Zwar kennen wir noch nicht im isolirten Zustande eine Verbindung von Kohlenwasserstoff und Platinchlorür, welche dem schweren Weinöl entspräche, da dieses, wie es scheint, auszudrücken ist durch

$$8H^2C + 2\dddot{S} + H^2O,$$

oder

$$(4H^2C + \dddot{S}) + (4H^2C + \dddot{S} + H^2O).$$

Allein gerade bei der Annahme, dafs es eine Verbindung $4H^2C^2 + PtCl^2$ giebt, welche (vermuthlich durch ihre Neigung zur Bildung von Doppelverbindungen) dem salpetersauren Silberoxyd widersteht, erhalten wir eine Erklärung, weshalb dieses aus der Verbindung $4H^2C + 2PtCl^2$ nur einen Theil des Chlors ausscheiden kann.

Wie bekannt, haben wir mehrere Erfahrungen, welche dafür sprechen, dafs die Chloride Verbindungen mit den eigentlichen Salzen eingehen können. Als ich die mit salpetersaurem Silberoxyd ohne Erhitzung schnell ausgefällte Auflösung von gekohlenwasserstofften Chlorplatin mit 2 At. Chlorplatin im Vacuum abdampfte, erhielt ich ein Paar Mal eine Masse, die wirklich eine Verbindung von $4H^2C + PtCl^2$ und salpetersaurem Platinoxyd zu seyn schien; auch schien eine Auflösung vom gekohlenwasserstofften Chlorplatin-Kalium bei gleicher Behandlung eine Verbindung von $4H^2C + PtCl^2 +$ salpetersaurem Kali zu geben. Doch habe ich auf diesen Gegenstand zu wenig Zeit verwandt, um etwas darüber entscheiden zu können. Ich lasse es daher unausgemacht, ob die theilweise Zersetzung durch salpetersaures Silber da-

davon herrührt, daſs $4 H^2 C$ eine stärkere Verwandtschaft zu $1 Pt Cl^2$ als zu $2 Pt Cl^2$ habe.

Mit jenen Betrachtungen begab ich mich zu einer näheren Untersuchung eines Stoffs, welchen man erhält, wenn man Ammoniak zu einer Auflösung von gekohlenwasserstofftem Chlorplatin-Kalium oder gekohlenwasserstofftem Chlorplatin-Ammonium, oder Kali zu dem letzteren setzt. Schon in der vorhergehenden Abhandlung, S. 516., habe ich desselben erwähnt; allein die Zeit erlaubte mir damals nur eine flüchtige Beobachtung.

Ich vermuthete nun, daſs jener Stoff gekohlenwasserstofftes Chlorplatin-Ammoniak sey, und folglich enthalte:

$$
\begin{aligned}
2 Pt &= 2466{,}5200 \\
4 Cl &= 885{,}3000 \\
4 C &= 305{,}4780 \\
8 H &= 49{,}9184 \\
N^2 H^6 &= 214{,}4748
\end{aligned}
$$

wonach sein Atomengewicht =3921,9612.

Da verschiedene Umstände bei der Bildung dieses Stoffs und seinem Verhalten (von dem weiterhin mehr) es unzweifelhaft machten, daſs er Platin und Doppelt-Kohlenwasserstoff in demselben Verhältnisse wie das gekohlenwasserstoffte Chlorplatin enthalte, und kein Chlorkalium, wenn es auch z. B. aus gekohlenwasserstofftem Chlorplatin-Kalium bereitet worden, so blieb nur zu untersuchen übrig, in welchem Verhältnisse es Ammoniak enthalte, und ich brauchte daher nur die Menge des Platins und des Chlors zu bestimmen.

Zu dem Ende habe ich folgende Versuche angestellt:

A. 1,305 Grm. reinen und in der Siedhitze des Wassers ausgetrockneten Salzes, wurden unter Zutritt der Luft in einem Porcellantiegel verbrannt, bis die Masse keinen Gewichtsverlust mehr erlitt. Es wurden dadurch 0,815 Gramm oder 62,452 Procent vom Gewicht des Salzes an Platin erhalten. Nach der angeführten Hypothese hätten

es 0,82 Grm. oder 62,890 Procent vom Gewicht des Salzes an Platin seyn müssen.

B. 1,369 Grm. von ebenfalls reinem und trocknem Salz wurden mittelst eines Platindrahts ohne den mindesten Verlust in einem Porcellantiegel mit einer passenden Menge kohlensauren Kali's vermengt, und auf das Gemenge eine ziemlich dicke Lage von kohlensaurem Kali geschüttet, um desto sicherer jeden Verlust von Chlor zu verhüten. Das Gemenge wurde bei langsam gesteigerter Hitze bis zum Glühen gebracht, und darauf erst mit Wasser und zuletzt mit verdünnter Salpetersäure ausgelaugt. Das Unaufgelöste, ein Gemenge von Kohle und Platin, wurde auf ein kleines Filtrum gebracht und mit diesem in einem Platintiegel verbrannt. Das Durchgelaufene wurde mit Salpetersäure übersättigt und mit salpetersaurem Silberoxyd gefällt. Das ausgewaschene Chlorsilber wurde in einer Porcellanschale bis zum anfangenden Schmelzen erhitzt.

Hiedurch erhielt ich 0,855 Grm. oder 62,454 Proc. vom Salze an Platin. Nach der obigen Hypothese hätten es 0,86 Grm. seyn müssen. Das Chlorsilber wog 1,256 Grm., worin 0,30986 Grm. Chlor. 100 Th. des Salzes enthalten demnach 22,634 Chlor; die Hypothese fordert 22,573, wonach die 1,369 Grm. des Salzes hätten 1,2526 Grm. Chlorsilber geben müssen.

Alles stimmt folglich mit der vermutheten Zusammensetzung überein.

Die Formel für dieses Salz ist also:

$$(4H^2C + PtCl^2) + (N^2H^6 + PtCl^2).$$

Es ist mithin eine jener merkwürdigen Verbindungen, in denen das Ammoniak an die Stelle des Chlorammoniums, oder, im Allgemeinen, eines positiven Chlorides tritt. Dasselbe gilt nämlich von der von Magnus gefundenen grünlichen, pulverförmigen Verbindung (welche, wie man sieht, das letzte Glied vom gekohlenwasserstofftem Chlorplatin ausmacht), und von den Verbin-

Digitized by Google

dungen des Ammoniaks mit *Fluorsilicium* und *Fluorbor*, und mehreren anderen *). Bei dieser Verbindung ist es aber ein sehr merkwürdiger Umstand, daſs sie auf einmal so besonders deutlich erweist, wie selbst das Platinchlorür den Säuren, und der Kohlenwasserstoff den Alkalien analog ist. Letzterer befindet sich nämlich hier in dem einen Gliede an der Stelle des alkalischen Stickwasserstoffs, des Ammoniaks; und obschon ich glaube, daſs man, nicht vergessen darf, was gegen die, besonders von Dumas und Boullay entwickelte Meinung über die zusammengesetzten Aetherarten als Kohlenwasserstoff-Salze eingewandt werden kann, so scheint sie doch unläugbar immer mehr und mehr an Stärke zu gewinnen **).

Ueber das gekohlenwasserstoffte Chlorplatin-Ammo-

*) Sollte nicht der Umstand, daſs, so zu sagen, das chemische Gleichgewicht in der Zusammensetzung unverändert bleibt, wenn das Ammoniak in Chlorammonium übergeht, oder, mit andern Worten, daſs das Ammoniak sich dem Chlorammonium gleichwerthig verhält, darin seinen Grund haben, daſs die hinzugekommene Portion Wasserstoff und Chlor einander aufheben (N^2H^6 aequivalent mit $N^2H^8Cl^2$, weil H^2+Cl^2 einander aufheben)? Auf eine ähnliche Weise könnte man sich natürlicherweise den Vorgang in verschiedenen anderen Verbindungen vorstellen.

Jedenfalls scheint es klar, weshalb in diesen Verbindungen die Chloride sich den Alkali- und den Säure-bildenden Oxyden analog verhalten.

Auch das Kali scheint mit dem gekohlenwasserstofften Chlorplatin eine, dem gekohlenwasserstofften Chlorplatin-Ammoniak entsprechende Verbindung zu geben. Denn durch Zusatz einer gewissen Menge doppelt-kohlensauren Kali's zu einer Auflösung des Kaliumsalzes erhielt ich, nachdem die Mischung lange genug gestanden hatte, einen gelben Niederschlag; aber er wurde bald braun, also verändert, und konnte daher nicht näher untersucht werden.

**) Poggend. Ann. Bd. XII. (88.) S. 459. (Auch die Analogie in der Zusammensetzung des *Harnstoffs* und des *Cyanäthers* spricht, wenn man will, für obige Meinung. S. dies. Annalen, Bd. XX. S. 381. und 399. *P.*)

Digitized by Google

niak habe ich noch, hinsichtlich seiner Eigenschaften und seiner Bereitung, Folgendes zu bemerken.

Frisch bereitet hat dieses Salz eine reine hellgelbe Farbe, die aber nach einiger Zeit, besonders bei Zutritt von Luft und Licht, mehr und mehr in's Schwarze übergeht, wie beim gekohlenwasserstofften Chlorplatin für sich und dessen Verbindungen mit Chlorkalium und Chlorammonium. Obgleich im Wasser schwer auflöslich, ist es doch keineswegs unlöslich darin. Es scheint mir leichter löslich zu seyn als der Gyps, weshalb man auch keinen Niederschlag mit Ammonaiak bekommt, wenn die Salzlösung sehr verdünnt ist. Es wird auch vom Alkohol gelöst, und scheint darin löslicher zu seyn als im Wasser. Eine alkoholische Lösung kann auch auf die gewöhnliche Art einigermaſsen ohne Zersetzung zur Trockne verdampft werden, aber mit einer wäſsrigen Lösung läſst es sich schwerlich thun. Es besitzt keine bestimmte Neigung zum Krystallisiren. Stellt man es, mit Alkohol oder Wasser übergossen, längere Zeit hin, so zeigt die Farbe, daſs es eine Veränderung erleidet. Erhitzt man eine wäſsrige Lösung zum Sieden, so scheidet sich metallisches Platin aus, wie bei den andern, in der vorhergehenden Abhandlung beschriebenen Verbindungen. Mit Kalilauge erhitzt, haucht es einen Ammoniakgeruch aus.

In einem Destillationsgefäſse erhitzt, giebt es brennbares Gas, Salzsäure-Gas und Salmiak, und ein Gemenge von Platin und Kohle bleibt zurück. Man sieht, dieſs stimmt mit der oben angeführten Zusammensetzung überein, nach der wir hier haben: 4 Maaſs Ammoniakgas, 4 Maaſs Doppelt-Kohlenwasserstoff (worin 8 Maaſs Wasserstoffgas) und 4 Maaſs Chlor. 2 Maaſs Chlor +2 Maaſs Wasserstoff mit dem Ammoniak geben Salmiak, während die anderen 2 Maaſs Chlor +2 Maaſs Wasserstoffgas Salzsäure liefern, und die 4 Maaſs Wasserstoffgas mit einem Theil des Kohlenstoffs das brennbare Gas, das hauptsächlich aus dem gewöhnlichen leichten Kohlenwasserstoffgas zu bestehen scheint. Nimmt man die Verbrennung an offner Luft vor, so durchfährt ein Feuer zuletzt die Masse. Das gekohlenwasserstoffte Chlorplatin-Ammoniak löst sich in Ammoniak, in gehöriger Menge angewandt, zu einer dunkelbraunen Flüssigkeit auf.

Man erhält dieses Salz nicht nur, wenn man kausti-

Digitized by Google

sches Ammoniak zu gekohlenwasserstofftem Chlorplatin-Kalium oder -Ammonium, oder Kali zu dem letzteren setzt, sondern auch durch Zusatz von Ammoniak zu gekohlenwasserstofftem Chlorplatin. Auch kann man überall statt des kaustischen kohlensaures Ammoniak anwenden, wo dann die Fällung unter starkem Aufbrausen geschieht.

Stellt man es aus gekohlenwasserstofftem Chlorplatin-Kalium dar, so beobachtet man beim Verdampfen der abgegossenen Flüssigkeit deutlich, daſs Chlorkalium durch das Ammoniak frei gemacht wird. Nur erhält man es nicht rein, weil die Flüssigkeit einen Theil des gekohlenwasserstofften Chlorplatin-Ammoniaks aufgelöst enthält. Setzt man verdünnte Salzsäure zu dem gekohlenwasserstofften Chlorplatin-Ammoniak, so wird die Farbe bald dunkler gelb, das Pulver wird leicht aufgelöst, und man erhält nun gekohlenwasserstofftes Chlorplatin-Ammonium. Alle diese Erscheinungen stimmen also vollkommen mit der angenommenen Zusammensetzung überein.

Bei Bereitung dieses Salzes hat man dafür zu sorgen, daſs die Auflösung, aus der es gefällt werden soll, ziemlich stark ist, weil man sonst, wegen seiner Auflöslichkeit, einen bedeutenden Theil verliert. Auch sorge man dafür, daſs das Fällmittel nicht in bedeutendem Ueberschuſs hinzukomme, besonders wenn man kaustisches Ammoniak anwendet, weil es sonst, wie schon vorhin gesagt, anfängt eine Zersetzung zu erleiden. Deshalb bereitet man es auch am besten mit Hülfe von kohlensaurem Ammoniak. Um den Niederschlag am schnellsten ausgewaschen zu erhalten, wendet man am besten gekohlenwasserstofftes Chlorplatin-Ammonium an. Das Ammoniaksalz, welches ich analysirte, habe ich ohne Hülfe eines Filtrums, nämlich bloſs durch schnelles Aufgieſsen kleiner Portionen Wasser ausgewaschen. Das Trocknen habe ich erst im Vacuo, dann mit Hülfe von siedendem Wasser bewerkstelligt. Die Masse verliert so gut wie nichts bei der letzten Behandlung, wenn es im Vacuo neben Schwefelsäure gehörig lange gestanden hat. Wenn man den Niederschlag als dünnen Brei in einer flachen Schale zum Trocknen gebracht hat, findet man meistens, besonders, wenn man kaustisches Ammoniak zur Fällung gebrauchte, daſs der äuſserste Rand der trocknen Masse bräunlich ist, aber er läſst sich leicht abschaben.

Digitized by Google

III. *Ueber die sogenannten Getreide- und Schwefel-Regen;*
von H. R. Göppert.

(Eine in den schlesischen Provinzialblättern, Januar und Februar 1831, erschienene Abhandlung, die wir ihres Interesses wegen, und weil sie wohl sonst nicht zur allgemeinen Kenntniſs des physikalischen Publicums gelangt seyn würde, hier mitzutheilen uns erlauben. *P.*)

I. Ueber Getreide-Regen.

Der Glaube an übernatürliche Ursachen ungewöhnlicher Naturerscheinungen ist der menschlichen Natur zu tief eingeprägt, als daſs es auch selbst dem Verständigeren immer gelingen sollte, den Maſsstab vorurtheilsfreier Betrachtung an solche Ereignisse zu legen. Auf diese Weise entstanden unter andern die vielen wunderbaren Berichte von auffallenden meteorischen Erscheinungen, die allerdings am meisten im Stande sind, auch des weniger Unterrichteten Aufmerksamkeit zu fesseln, die Sagen von dem Fall von Steinen, die mit menschlichem Gesicht und Diadem versehen gewesen *) seyn sollen, die Erzählungen von Gold-, Eisen-, Wolle-, Frösche-, Mäuse-, Lämmer- **), Blut- und Getreide-Regen. In die Lehre vom Steinregen hat der unsterbliche Chladni mit schöpferischem Geiste Klarheit und Ordnung gebracht, und über Blutregen besitzen wir von den HH. C. G. Nees v. Esen-

*) *Lintur. ad fascili anno* 1496.

**) Vergleiche hierüber J. Jonstoni, *Thaumatographia naturalis, Amstelod.* 1665. Musschenbroek, *Elementa Physicae. Edit. alter. Lugd. Batav.* 1741. *p.* 531. Desselben *Instit. physic. Lugd. Batav.* 1748. *p.* 659. Desselben *Introductio ad philosoph. natural. T. I. Lugd. Batav.* 1762. *p.* 1005.

beck *) und Ehrenberg **) interessante Arbeiten. Wenn es auch noch nicht ausgemacht ist, ob die Bildung der sonderbaren unter dem Namen der Meteorsteine bekannten Massen in unserer Atmosphäre vor sich ging, oder ob sie als Auswurfsmassen oder Trümmer fremder Weltkörper zu betrachten sind, so ist es doch heut zu Tage über allen Zweifel erhoben, daſs sie, was man bis auf Chladni immer bezweifelte, wirklich aus der Luft herabfielen, und auch Nees v. Esenbeck (S. 103. des gen. W.), obgleich er in mehreren Fällen den terrestrischen Ursprung jener rothen Färbungen nachweist, sieht sich zur Erklärung mehrerer zweifelhafter Phänomen dieser Art zu der Ansicht hingezogen: daſs der Färbung der Wasserniederschläge aus der Atmosphäre im Ganzen ein Princip zum Grunde liege, *Aerophyten-Bildung* in *infusorieller Form.* Ferner: durch die Beobachtungen des geröthet fallenden Regens, Schnee's und Hagels würde der Zweifel niedergeschlagen, daſs diese Stoffe von der Erde aus dem Regen, Schnee oder Hagel beigegeben worden wären, auch habe noch Niemand gerade solche Stoffe auf der Erdoberfläche gefunden. Gewittererscheinungen, die sich mit vielen gefärbten Schnee- und Regen-Schauern vereinten, meteorische Steinfälle, die sich zu einigen gesellten, lieſsen eine Verknüpfung dieser Phänomen in ihren höheren Ursachen ahnen, und deuteten darauf hin, daſs in höheren Luftregionen nicht nur die Bildung mineralischer oder chemischer, sondern auch die Erzeugung organischer Producte vor sich gehen konnte.

Ehrenberg, der eigentlich das übergebt, was diese

*) Ueber das organische Princip in der Erdatmosphäre und dessen meteorische Erscheinungen, von Dr. C. G. Nees v. Esenbeck. Schmalkalden, bei Th. G. Fr. Varnhagen, 1825.

**) Neue Beobachtungen über blutartige Erscheinungen in Aegypten, Arabien und Sibirien, nebst einer Uebersicht und Kritik der früher bekannten, von C. G. Ehrenberg; Poggendorff's Annalen, 1830, Heft 4. S. 471.

Digitized by Google

Ansicht veranlaſste, sucht aus der Fülle seiner eigenen und Anderer Erfahrungen den Ursprung jener blutartigen Erscheinungen (Blutthau, Blutregen, stagnirende rothe Gewässer, Blutflecken am Boden, Blutgallerte) auf terrestrische Ursachen zurückzuführen, zeigt, was auch schon Nees v. Esenbeck erörterte, daſs sowohl organische als unorganische Körper hiezu Veranlassung geben können, und vermehrt die Zahl der bereits bekannten hieher gehörigen rothen pflänzlichen Wesen um drei neue Arten, worunter sich auch die Substanz befindet, die im rothen Meere zuweilen die Färbung desselben verursacht, *Trichodesmium erythraeum*, eine Alge *).

An diese interessanten Untersuchungen erlaubt sich der Verfasser die Beobachtungen anzureihen, welche über das Herabfallen vegetabilischer Producte, die zu den Sagen von Getreideregen Veranlassung gegeben haben, bisher hier und da gemacht worden sind, zunächst aber der Ereignisse zu gedenken, die ihn überhaupt zu dieser Zusammenstellung veranlaſsten.

Im Juli dieses Jahres wurden an Hrn. Prof. Steffens von dem Hrn. Wegeeinnehmer Strauch zu Bükkelsdorf im Neisser Kreise eine Anzahl vegetabilischer Körperchen von verschiedener Gestalt eingesendet, die man zu Greisau, einem Dorfe desselben Kreises, laut Attest der dasigen Dorfgerichte, nach einem am 20. Juni eingetretenen Gewitterregen in ungemeiner Menge auf grasigen Orten gefunden hatte. Diese Körperchen waren äuſserlich gelblichbraun, innerhalb weiſslich hornartig durchscheinend, von verschiedener Gestalt und Gröſse,

*) Im September des vorigen Jahres sah ich in Eilau bei Sprottau einen mit einer blutrothen Masse völlig bedeckten Teich, welche, nach der Bestimmung des Hrn. Prof. Ehrenberg, aus einer unzähligen Menge eines ziemlich seltenen Infusionsthierchens, *Euglena sanguinea*, bestand, das, nach seinem ersten Auffinden von Weber in einem Teiche bei der Giebichenstein'schen Amts-Ziegelscheune bei Halle, bis jetzt von Niemand weiter beobachtet worden war.

rundlich, obgleich niemals vollkommen rund, selten cylindrisch, meist länglich oder auch kegelförmig, ziemlich gerade, nur an dem verdünnten Ende etwas gebogen, von 2 bis 8 Linien Länge und 1 bis 2 Linien Durchmesser. Der Geschmack derselben war mehlig, schwach süſslich, später etwas schärflich, so daſs eine Zeit lang noch ein kratzender Nachgeschmack zurückblieb, dem nicht ganz unähnlich, welcher nach dem Kauen der Senegawurzel zu folgen pflegt. Schnell getrocknet verlor sich dieser schärflich-kratzende Geschmack und machte einem mandelähnlichen Platz. Fast zu gleicher Zeit wurden den eben erwähnten ganz ähnliche Würzelchen der Königl. Regierung von dem Landrath des Habelschwerdter Kreises, Hrn. v. Prittwitz, übersendet, welche man am 30. Juni zu Mittelwalde nach einem heftigen Gewitter zum Theil selbst in den Straſsen der Stadt gefunden hatte. Einige Tage später empfing ich gleiche Körperchen, welche zu Kronstadt bei Habelschwerdt am 5. Juli auch nach einem Gewitter von den dortigen Einwohnern auf abgemähten Wiesen und auch auf zum Bleichen ausgebreiteter Leinwand angeblich Mäſsel- und Metzenweise gesammelt worden waren.

Sämmtliche Würzelchen von drei so entfernten Standörtern glichen einander vollkommen, und gehörten dem *Ranunculus Ficaria L.*, Schmirgeln, Frühschmirgeln, Butterblumen, wofür sie auch Hr. Prof. und Präsident Nees v. Esenbeck, dem dieselben von einer Königl. Regierung zur Begutachtung überschickt worden waren, so wie Hrn. Assessor Dr. Günther und die HH. Mitglieder der botanischen Section erkannten. Auſser der Aehnlichkeit, welche sie in Vergleich mit frischen Exemplaren zeigten, verlieh auch die Betrachtung der Vegetationsverhältnisse der Pflanze dieser Ansicht die höchste Wahrscheinlichkeit. Sie ist in groſser Menge durch ganz Schlesien, sowohl in der Ebene wie im Vorgebirge, verbreitet, und kommt an schattigen und etwas feuchten Orten, an Gräben, nicht

Digitized by Google

nur in der Nähe von Städten und Dörfern, sondern auch in nicht allzudichten Laubholzwäldern überall hervor. Im Monat April entwickelt sie ihre Blüthen, und verblüht gewöhnlich Anfang Mai. Nach dem Blühen fangen die Blätter und Stengel an zu verwelken, so daſs bis Mitte Juni diese Theile völlig abgefallen sind (zu welcher Zeit, oder auch etwas später, jene sogenannten Regen beobachtet wurden), und nichts übrig bleibt als die Wurzeln, die aus mehreren, gewöhnlich 6 bis 20 Knöllchen bestehe, welche an der Stelle, aus welcher der Stengel entsprieſst, an einem sehr schwachen Wurzelstock befestigt sind. Diese Wurzelchen liegen aber in dem lockeren Boden so nahe unter der Oberfläche, daſs sie von jedem nur einigermaſsen heftigen und namentlich plötzlich einfallenden Regen bald bloſsgelegt und weggeschwemmt werden können, wobei denn ihr Zusammenhang an dem schwachen Wurzelstock leicht aufgehoben wird, und sie daher auch immer getrennt erscheinen. So gelangen sie, durch Wasserfluthen getrieben, an Orte, wo entweder diese Pflanze nicht wächst, oder wohl auch gar keine Vegetation stattfindet, und können dann von Unkundigen leicht für Körper atmosphärischen Ursprungs gehalten werden, die als Erzeugnisse der Atmosphäre durch ihre Niederschläge, Regen u. s. w. auf unsere Erde gelangt wären. Mehrere dieser Wurzelchen legte ich in einen mit Erde erfüllten Napf, um ihre Entwicklung zu beobachten. Nachdem bereits das vorstehende längst niedergeschrieben war, hatte ich in der Mitte October das Vergnügen, sie sowohl Wurzelchen als Blätter treiben und hiedurch unsere Ansicht über den Ursprung derselben völlig bestätigt zu sehen, denn die jungen Pflänzchen, gleichen vollkommen der vielfach genannten Pflanze im frühesten Zustand ihrer Entwicklung. Ueber ihren terrestrischen Ursprung kann also nach der eben dargelegten Untersuchung ferner kein Zweifel obwalten; wohl wäre es aber möglich, daſs sie

Digitized by Google

durch Sturm- oder Wirbel-Winde von ihrem ursprünglichen Standort in die Höhe gehoben, und so an andere Orte getragen worden wären. Die hierüber eingezogenen Nachrichten begünstigten aber keinesweges diese Ansicht. Der Wegezolleinnehmer **Strauch** schrieb mir auf meine Anfrage: daſs man zu Kreisau diese Körperchen nur durchaus auf solchen Orten gefunden hätte, wo entweder jene Pflanze vorkäme, oder wohin sie durch Ueberschwemmung hätte gelangen können. Hr. Landrath **von Prittwitz** hatte die Güte mir folgende Nachrichten mitzutheilen, die, wie man sehen wird, beinahe geeignet gewesen wären, gegen die Richtigkeit des eben angeführten Resultats Zweifel zu erwecken.

»Die Knöllchen, die nach dem Gewitter am 30. Juni in Mittelwalde gefunden wurden, können, eingezogenen Nachrichten zufolge, nicht durch den Sturm, wiewohl jenes Gewitter davon begleitet war, herbeigetragen worden seyn. *Eben so wenig hat sie Jemand aus der Luft niederfallen sehen, noch nach dem Gewitter auf Dächern u. dergl. liegend angetroffen.* Dagegen gestattet die Localität von Mittelwalde, daſs diese Wurzeln durch von den benachbarten Höhen strömendes Wasser in die Straſsen der Stadt geführt worden seyn können. Ueberdieſs hat man auch wirklich diese Wurzeln nur am Boden liegend und zwar nur auf Fuſs- und anderen Wegen, die an Grasgärten und Wiesen stoſsen, und von dem Wasser aus den dicht anstoſsenden Gräben, Furchen und Wasserleitungen überschweift worden waren, so wie an dem Gerinne und auf den Straſsen der Stadt, in welche die Gewässer ausgieſsen, in Menge aufgefunden. Nachdem der erste Lärm über die Erscheinung beseitigt war, haben die Verständigeren der Sache selbst gleich nachgespürt, und sich und andere überzeugt, daſs diese Knöllchen nichts anderes als die Wurzeln der hier sogenannten *Butterblume* wären, und daſs selbe, da sie nahe unter der Oberfläche der Erde liegen, der gewaltige Re-

Digitized by Google

genguſs von den Rändern, Gräben und Furchen u. s. w. losgeschweift, und das hoch angeschwollene Wasser, das obenein der heftige Sturm noch weiter ausgebreitet, über Fuſs- und Fahrwege hinweggeschwemmt und ziemlich weit fortgeführt hätte. Die Hühner suchten diese Knöllchen begierig auf und verzehrten sie, ohne daſs der Genuſs ihnen schadete, und dieſs hat ihnen anfänglich den Namen *Himmelsgetreide* verschafft. Da es mir jedoch nicht wahrscheinlich schien, daſs, obgleich die Butterblume in den nächsten Umgebungen von Mittelwalde wächst, die aufgefundene so groſse Menge von Knöllchen allein von dieser Pflanze hergerührt haben sollte, so war mir die Mittheilung eines Schulzen aus einem anderen Ort des Kreises beachtenswerth, welcher aussagte, daſs er dieselbe Erscheinung dieses Jahr auf seinen Wiesen wahrgenommen, und auch schon früher sein Vater und Andere ähnliche Erfahrungen nach heftigen Regengüssen gemacht hätten. Nach seinen Beobachtungen gehörten diese Knöllchen nicht bloſs der Butterblume, sondern überhaupt dem sogenannten sauren, d. h. dem an tiefen moorigen und nassen Stellen wachsenden Wiesengrase an. Ich habe daher einige Stauden solchen Grases von der Wiese jenes Schulzen mit dem Erdboden ausgehoben, welche ich nebst einigen von den Graswurzeln getrennten Knöllchen hiemit zur Begutachtung übersende, die, so viel ich mich besinne, jenen von der Butterblume herrührenden in Mittelwalde aufgefundenen ganz ähnlich waren. Dabei habe ich mich überzeugt, daſs diese Knöllchen nicht nur in den Vertiefungen der Wiese, in denen das Wasser die oberste Erdrinde aufgespühlt hatte, noch zu Tage lagen, sondern auch von dem Wasser weiter fortgeführt worden waren, die Butterblume an diesen Plätzen aber nur sparsam vorkam.« Der letzte Theil dieses Berichtes erregte meine Aufmerksamkeit, und zwar um so mehr, weil unter unsern bis jetzt bekannten einheimischen Gräsern sich kein einziges befindet, welches eine diesen Knöll-

Digitized by Google

chen ähnliche Wurzel besitzt. Diese Knöllchen waren allerdings den früheren von den oben erwähnten Orten herrührenden ganz ähnlich, und schienen beim ersten Anblick auch wirklich jenen Graswurzeln anzugehören. Als ich aber ein solches Stück Rasen in das Wasser brachte, so daſs sich die Erde allmälig löste, ein Versuch, welchen ich auch, um mich vor jeder Täuschung zu bewahren, in Gegenwart des Hrn. Nees v. Esenbeck wiederholte, zeigte es sich entschieden, daſs jene Würzelchen nur eingehüllt von dem Gewebe der Graswurzeln wurden, aber keineswegs zu denselben gehörten. Die einzelnen Knöllchen befanden sich meistentheils im Zusammenhange und an den kleinen Wurzelstöcken befestigt, so daſs wir gerade durch diese scheinbar der früheren Annahme widersprechenden Erfahrung zu recht entscheidenden Resultaten gelangten. Von Kronstadt vermochte ich nur zu erfahren, daſs jene Würzelchen bloſs strichweise auf der ausgelegten Leinwand und der Wiese gelegen hätten, wodurch es dann meiner Meinung nach mehr als wahrscheinlich wird, daſs sie durch Regengüsse dahin geführt worden waren.

Beobachtungen von sogenannten Getreideregen gleichen Ursprungs.

Jedoch sind ähnliche Beobachtungen schon früher in Schlesien und an einigen andern Orten gemacht worden, deren Untersuchung den unsrigen gleiche Resultate lieferten. In den *gelehrten Neuigkeiten Schlesiens* für das Jahr 1736, Schweidnitz, bei J. G. Böhm, S. 397., findet sich hierüber folgende Mittheilung:

»Nachdem man von dem in unterschiedenen Orten geregneten Korn allerhand geschrieben, so achten wir uns auch verbunden einige Nachrichten davon zu geben und darüber unsere Gedanken zu eröffnen. So hoch als wir die in der heil. Schrift aufgezeichneten groſsen und vielen Wunderwerke Gottes achten, so schwer wird es uns immer, die man heut zu Tage öfters vorgiebt, ohne

Digitized by Google

recht sorgfältige Prüfung anzunehmen. Eben so gehet es uns hier: Wir bekamen schon zu Anfange dieses Monates von einer vornehmen Standesperson einige Körner des zwischen Teschen und Troppau geregneten Kornes, mit dem Berichte, daſs es von den Leuten gemahlen und gebacken würde. Da dachten wir bald: Wenn Gott Wunder thut, sind es vollkommene Werke. Es waren aber diese nur spitzig runde und schwarze Körner, die wir gleich vor ein Gesäme hielten, das der Wind und Wasser zusammengebracht; ob wir uns bald nicht besinnen konnten, was eigentlich vor ein Gesäme es sey. Daraus uns denn folgendes half. Von Bielitz schrieb man den 28. Juli:

»Daſs es Korn daherumb geregnet haben sollte verhält sich nicht also, sondern es hat der langwierig heftige Regen den Saamen von den Wurzeln des *Schöllkrautes* *), oder, wie es andere nennen, die *Schmirgeln* in der Höhe gewaschen, welches die neugierigen Leute unter anderm Getreide gemahlen und Brodt gebacken, mithin für ein vom Himmel gefallenes Wunderkorn ausgegeben, wie man denn dergleichen Saamen unter gemeldeten Kräutern ordentlich findet. Die allhier beigelegten Körner waren flach und rauh, etwas lichte braun, und deren Ansehen überzeugte uns, daſs es allerdings nichts anderes als Schöllkraut-Saamen sey.«

Mattuschka **) bemerkt bei Beschreibung dieser Pflanze, daſs die Wurzeln derselben, wenn sie im Frühling oder Winter, durch einen anhaltenden Regen entblöſst, von einem starken Winde in die Höhe gehoben

*) Unter diesen Saamen von den Wurzeln des Schöllkrautes ist allerdings nichts anderes zu verstehen, als die kleinen Knöllchen, ein Ausdruck, der hinsichtlich des Zweckes derselben ganz richtig ist, da durch diese Wurzelknöllchen gleichfalls einzelne Pflanzen wie aus Saamen erzeugt werden können.

**) Dessen *Flora silesiaca*, oder Verzeichniſs der in Schlesien wildwachsenden Pflanzen, I. S. 517.

Digitized by Google

würden und in einer andern Gegend wieder herunterfielen, Gelegenheit zu der Meinung von dem Fruchtregen oder von dem Weitzen, der von dem Himmel gefallen, gegeben hätten. Musschenbrock *) erzählt, ohne nähere Angabe des Ortes, daſs man aus der Luft herabgefallene Körner für Weitzen ausgegeben habe, welche aber nichts anderes als Saamen des Taxusbaumes, und in einem anderen Falle gar junge Wespenbrut gewesen seyn sollen, die in beiden Fällen durch den Wind angeblich fortgetrieben worden waren. Auch führt er eben daselbst an, daſs, nach Nolletus, ein ähnlicher Getreideregen aus Wurzeln des kleinen Schöllkrautes (*Chelidonium minus*, *Ranunculus Ficaria*) bestanden habe.

Professor v. Jacquin gedenkt in einem Schreiben an den Ob. Med. Rath Klaproth zu Berlin, vom 23. December 1803, eines Knollenregens in Ober-Oestreich **) im Sommer jenes Jahres. »Eine genaue Untersuchung des dort angeblich vom Himmel gefallenen Korns lehrte indessen bald, daſs das sogenannte Korn Knollen vom kleinen Schöllkraute (*Ranunculus Ficaria*) waren, welche Regengüsse losgeschwemmt und auf niedriger liegende Wiesen und Felder gebracht hatten. Uebrigens sey diese Erscheinung nicht ganz neu, sondern habe sich schon mehreremale in Ober-Oestreich und anderen Gegenden zugetragen, daher man auch das kleine Schöllkraut Erdgerste zu nennen pflegte. Im Anfange dieses Jahrhunderts, im Juli 1805, ereignete sich etwas Aehnliches an mehreren Orten Schlesiens, nämlich zu Landeshut, Hausdorf, Bärsdorf, Tannhausen, Voigtsdorf bei Grottkau, Strehlen und Nimptsch. Es fanden an diesen Orten angeblich Getreideregen statt, die eingeschickten Körner waren aber, nach dem Urtheil des Medicinal-Assessor Hrn. Dr. Günther, nichts anderes als die Wurzeln un-

*) *Ejusd. Introduct. ad philos. natural. T. I. p.* 1065.

**) Neues allg. Journal der Chemie, Bd. 2. S. 210. — Gilbert's Annal. Bd. 18. S. 336.

ſerer Pflanze. Ueber die dieſe Erſcheinungen begleitenden Umſtände findet ſich nichts Näheres aufgezeichnet *).

Wahrſcheinlich iſt dieſs derſelbe Erbſen- oder Getreideregen, über welchen der Geheime Rath Dr. Heim zu Berlin einige Bemerkungen bekannt machte **). »Er habe nämlich eine Quantität von den vegetabiliſchen Körpern erhalten, die vor Kurzem zu Landeshut, Kauffungen und der dortigen Gegend bei einem ſtarken Regen und Sturm aus den Wolken zu fallen *ſchienen*. Beim erſten Anblick habe man ſie für Saamen halten können, bei näherer Unterſuchung, namentlich durch das Aufweichen derſelben, ſey er, wie auch die HH. Schrader und Klaproth, überzeugt worden, daſs ſie nichts anderes als die Wurzelknollen der ſchon mehrfach genannten Pflanze waren.« Nach dem *Reichsanzeiger*, No. 253. S. 3234., fiel ſolches angebliches Getreide um jene Zeit auch in Böhmen in der Gegend des Rieſengebirges, woſelbſt es häufig aufgeleſen, vom gemeinen Volk gegeſſen und zur Speiſe dienlich befunden wurde. In einer Anmerkung zu erſterer Abhandlung befindet ſich noch folgende aus dem *Freimüthigen* entlehnte Notiz, No. 146. S. 86.: »Nach der Ausſage eines Bürgers zu Landeshut erſchienen ungefähr am 12. Juli bei Landeshut ſchwarze Wolken am Himmel. Es regnete, und weil es an die Fenſter klapperte, glaubte man es hagele. Der Regen hörte auf, und der Hagel lag faſt in Haufen auf der Erde, es war aber kein Hagel, ſondern hatte einige Aehnlichkeit mit Erbſen. Man rafſte alles auf, kochte einen Theil, und es ſchmeckte wie Erbſen.« Hr. Prof. Willdenow (*Freimüth.* No. 147. S. 72.), dem einige dieſer ſogenann-

*) Bülletin der Geſellſchaft zur Beförder. der Naturk. und Induſtrie Schleſiens, v. 19. Juli bis 18. Auguſt 1805, im Schleſ. Provinzialblatt, Aug. 1805, S. 175.

**) Freimüth. No. 175. d. 8. Auguſt 1805. — Gilbert's Annal. Bd. 21. S. 126., 1805. Ueber den ſogenannten Erbſenregen in Schleſien.

Digitized by Google

nannten Erbsen zugeschickt wurden, erklärte sie für wirkliche Saamen, die durch die Nässe schon gekeimt hätten, und vermuthete, sie möchten dem Wachtelweitzen, *Melampyrum arvense*, angehören. Jedoch könne er es nicht mit Gewiſsheit bestimmen, weil mehrere Saamen der wilden Pflanzen einander sehr ähnlich wären. Der Referent der oben angeführten Stelle des Reichsanzeigers meint: Willdenow habe die kleinen Fasern, womit die Knöllchen am Kraut befestigt sind, für Keime genommen, und jene Saamen seyen nichts anderes als die Wurzeln der Butterblume gewesen. Wenn es auch freilich sonderbar scheint, daſs Willdenow nicht durch weitere Versuche den eigentlichen Zusammenhang dieser Angelegenheit aufzuklären bemüht gewesen ist, so glauben wir es doch dem Andenken des hochverdienten Mannes schuldig zu seyn, auch nur den Verdacht eines solchen Irrthums von ihm abzuwehren und folgende anderweitige Beobachtung anzuführen, die seiner oben ausgesprochenen Meinung noch mehr Wahrscheinlichkeit zu verleihen im Stande seyn dürfte.

Im Anfang des September v. J. erhielt ich von dem Papierfabrikant Hrn. Lerche zu Kronstadt bei Habelschwerdt einige Saamen, die ein Revierförster unweit diesem Dorfe am 12. August an des Ribnitzer Berges während dem Regen auf einigen Fuſssteigen in ziemlicher Menge gefunden hatte. Er nannte dieselben *Wachtelweitzen*, und wirklich fand ich bei genauerer Untersuchung durch Vergleichung in der Natur, daſs dieselben mit dem Saamen des *Melampyri nemorosi*, einer Pflanze, die unter obigem Namen auch den Laien bekannt ist, vollkommen übereinstimmten. Die Saamen aller Arten dieser Gattung fallen bei der Reife sehr bald aus den sich öffnenden Kapseln, so daſs es fast schwer hält reife Saamen in den Blüthenähren zu finden. Da die eben genannte Pflanze in unsern Wäldern sehr häufig wächst und zahlreiche Saamen trägt, so konnte es wohl leicht

geschehen, daſs auf tieferen Stellen, wie die Fuſssteige namentlich in gebirgigen Gegenden zu seyn pflegen, durch das herabströmende Regenwasser eine bedeutendere Menge zusammengespühlt wurde.

Folgende ähnliche Ereignisse dürften vielleicht auch hieher zu rechnen seyn:

In Gottfried Zenner's *Novellen aus der gelehrten und kuriosen Welt. Januar* 1694. *Frankfurt und Gotha*, einem recht interessanten Buche, in welchem wissenschaftliche und politische Gegenstände der verschiedensten Art gesprächsweise mitgetheilt und oft treffend beurtheilt worden, findet sich folgende Nachricht, S. 6836. »Fincelius erzählt in seinem Buch von Wunderzeichen, daſs 1550 in Thüringen den 25. Brach-Monat zu Weimar und Auerstädt Korn aus den Wolken gefallen sey, daſs es an einigen Orten fingerdicke gelegen, an etlichen Orten so dick, wie man es zu säen pfleget, haben auch wohlschmeckend Brot daraus gebacken.« Ebendaselbst heiſst es ferner: »Es erzählt Fundius in *Metrop. Salisb.*, daſs es im Jahr 1570 zu Mauerkirchen, einem Markt in Ober-Baiern, unter der Regierung Burkhausen, Getreide geregnet hat, so guten Geschmack und lauter Mehl gewesen ist.«

In Pohl's Schlesischen Jahrbüchern *) finden wir folgende Nachricht: 1571 den 5. Juli hat es im Stadtwald (bei Breslau) hinter dem Thum auf St. Vinzenz Gut zu Nacht gut herrlich Korn geregnet, welches man aufgelesen und schön Brot daraus gebacken hat.« Wiederholentliche Beobachtungen dieser Art wurden auch in Kärnthen gemacht.

Thuanus **) berichtet, daſs es am 22. März 1548

*) Nicol. Pohl, *Hemerol. Siles. Vratisl.* 1612, *p.* 220. Desgl in Kornmanni *miracul. Natur. Consid. X. Conclus.* 10. Bl. 128. 1696.

**) *Ejusd. histor. ad annum MDXLVIII. L. V.* Desgl. in Jonstoni *Thaumatographia natural. p.* 123. Fincelius in sei-

Digitized by Google

nicht weit von Klagenfurt und Villach in einem Bezirk von zwei Meilen zwei Stunden lang Korn regnete, aus welchem von den Bewohnern dieser Gegenden Brot gebacken und solches an den Kaiserlichen Hof nebst Proben jenes Getreides geschickt worden wäre, woselbst es groſse Bewunderung erregt hätte.

Gerbezius *) erzählt, daſs man in der Nähe von Villach nach einem heftigen Sturm und Platzregen im März 1691 eine Anzahl Saamen in groſser Menge gefunden habe, über deren Ursprung und Abstammung man Anfangs in Zweifel gewesen sey, bis er denn endlich durch Vergleichung ausgemittelt hätte, daſs jene Körner nichts anderes als *Berberitzenbeeren* seyen. Wir wollen die Richtigkeit dieser Bestimmung dahin gestellt seyn lassen, und nur hier die Bemerkung beifügen, daſs es uns wahrscheinlich scheint, daſs in allen vorstehenden Fällen wahrscheinlich die Wurzeln unserer *Ranunculus Ficaria* Veranlassung zu jenem Getreideregen gegeben haben, eine Vermutnung, die durch eine spätere Nachricht von Thuanus über einen im Jahre 1571 im Juni zu Gottleberg und Lemberg **) beobachteten Getreideregen noch mehr Bestätigung erhält, indem er anführt, daſs dieses Getreide dem früheren in Kärnthen gefallenen sehr ähnlich und von mannigfaltiger, bald der Gestalt von Erbsen, kleinen Rübchen und Weitzen entsprechender Form gewesen sey. In der That sind die Wurzeln der *Ranunc. Ficaria*, wie wir schon oben anführten, bald mehr oder minder rundlich oder länglich, von sehr verschiedener Länge und Durchmesser, und können somit einer geschäftigen Einbildungskraft wohl Gelegenheit geben, sie mit den eben genannten nahrhaften Substanzen zu vergleichen.

nem Buch von Wunderzeichen, und *Miscell. Cur. Decur. II. anno VII. in appendice, p.* 14.

*) *Siliginis pluvia Decur. II. Ephemer. German. Anno X.* 1692.

**) *Ejusd. histor. L.* 50. *ad ann. MDLXXI.*

Ueberdieſs fanden auch alle diese sogenannten Getreideregen, mit Ausnahme eines einzigen, im Juni und Juli statt. Wahrscheinlich verdanken die Getreideregen, welche im Sommer dieses Jahres in anderweitigen Gegenden der Grafschaft Glatz zu Passendorf, Nausenei und im Böhmischen Gebiet Politz statt gefunden haben, gleichfalls jenen Wurzeln ihren Ursprung. Die daselbst gesammelten Wurzelchen sollen fast kugelrund, von der Gröſse einer Linse, grau, meist in's Bräunliche sich neigend, an den verdünnten Rändern gleich der Salepwurzel hornartig durchscheinend, auf der Oberfläche glatt, matt (glanzlos), ohne Nabel gewesen, und von Einigen für die Wurzelknollen der *Saxifraga granulata* des weiſsen Steinbreches, einer in dortiger Gegend häufig wildwachsenden Pflanze, gehalten worden seyn. Die eben erwähnte Beschreibung paſst jedoch fast vollkommen auf die Wurzeln der *Ranunculus Ficaria*, nicht aber auf die der Steinbrech, denn diese letzteren sind fast nie von der angegebenen Gröſse, niemals auch im frischen Zustand hornartig durchscheinend, zwar glanzlos, aber durch die blaſsrothe Farbe unter allen Umständen leicht zu erkennen, die sie auch nach dem Einweichen in Wasser, eben so wie nach längerem Aufbewahre im Herbarium, unverändert heibehalten.

Beobachtungen von sogenannten Getreideregen anderen Ursprungs.

Auſser den eben erwähnten besitzen wir noch eine andere Reihe Beobachtungen von sogenannten Getreideregen, deren nähere Ermittelung wir Hrn. Prof. Dr. L. C. Treviranus verdanken *). Im September 1822 erhielt Hr. Prof. Treviranus eine Anzahl Körner, die nach einem den 17. Juli des nämlichen Jahres in der Nähe von Brieg statt gehabten Gewitter auf einem schmalen,

*) Ueber gewisse in Westpreuſsen und Schlesien angeblich mit einem Gewitterregen gefallene Saamenkörner, von L. C. Treviranus etc. Breslau, bei Joseph Max und Comp. 1823.

fast eine halbe Meile langen Strich Landes, und zwar auf gebauten Aeckern, gefunden worden seyn sollten, und einige Zeit darauf von Hohenfriedeberg durch Hrn. Medicinalrath Otto ähnliche Körner, die am 26. Juli mit einem Hagelwetter angeblich herabgefallen waren. Während der Untersuchung dieser Saamen sandte Prof. Kries in Gotha eine Anzahl Körner ein, die man am 13. Juli des nämlichen Jahres nach einem Gewitterregen in der Gegend von Marienwerder in Westpreuſsen gefunden hatte; desgleichen theilte auch Prof. Eysenhart in Königsberg Nachrichten von zwei in Westpreuſsen stattgehabten Ereignissen obiger Art mit: Bei dem Gute Kletzewko im Stuhmschen Kreise erschien nämlich Nachmittags eine schwarze Gewitterwolke, bei deren Annäherung auf dem Felde dieses Gutes mit einigem Hagel auch unbekannte Körner fielen, welche die Landleute zu kochen versuchten, aber solche eben so wenig für Menschen als für Vieh genieſsbar fanden. Die gröſste Menge dieser Körner fiel in den Dörfern Stroſsewo und Pestlin. Ein anderer Bericht sagt Es sey nach einem am 15. Juli stattgehabten heftigen Gewitterregen, welcher um 6 Uhr Ab. anfing und bis gegen Anbruch der Nacht dauerte, am folgenden Morgen auf dem Felde des Gutes Bielsk eine Menge von unbekannten harten Körnern gefunden worden, welche, wie es schien, mit dem Regen zugleich herabgefallen seyn muſsten. Die Körner lagen lose auf dem Acker, und so dicht, als ungefähr das Dreifache einer gewöhnlichen Roggensaat beträgt; der Strich aber, welcher damit besäet war, hatte eine Breite von etwa 200, eine Länge von 1500 Fuſs, und die Grenze, besonders in der Breite, war ziemlich scharf abgeschnitten, obgleich der Regen sich weiter nord- und südwärts erstreckt hatte. Auch Medicinal-Assessor Bergmann in Posen schickte Saamen ein, die zwei Meilen von Posen Ende des Monat Mai nach einem Regen auf einer Wiese gelegen hatten. Alle diese Körner stimmten mit den in Schlesien

Digitized by Google

gefundenen vollkommen überein. Die Gröſse derselben war die eines Hirsekornes oder etwas darüber, rundlich oval; dabei waren sie auf der äuſsern Seite sehr erhaben, und diese Auſsenseite mit der Quere nach ziemlich parallel laufenden Runzeln versehen. Die andere Seite dagegen hatte ein rundes Loch, welches etwa bis zum halben Durchmesser einging, und worin sich die Ueberreste eines hier früher vorhandenen Nabelstranges befanden. Die Farbe des ganzen Saamen war ein schmutziges Gelb, etwa wie roher Kaffee, und zugleich zeigte er sich stark durchscheinend, so daſs man die Lage des Embryo in der erhabenen Seite schon ohne Zergliederung bemerken konnte. Als diese Saamen, die Treviranus anfänglich für die von *Galium spurium*, Eysenhart aber für die von *Convolvulus arvensis* zu halten geneigt war, dem Keimen übergeben wurden, entwickelte sich *Veronica hederaefolia*, der epheublättrige Ehrenpreis, auch kleiner Gundermann, rother Meyer genannt, eine Pflanze, die in ganz Deutschland, von Königsberg bis zum Bodensee und von Gallizien bis an den Rhein, mit ihren gestreckten sehr ästigen Stengeln die Aecker, und besonders die Brachfelder, weit und breit überzieht. Im April blüht diese Pflanze und bringt ihre zahlreichen Früchte Ende Juni und Juli zur Reife, welche Zeit wieder mit der, in welcher diese sogenannten Regen stattfanden, genau übereinstimmt. Es liegt also nichts näher, als die Vermuthung des Verfassers, daſs die Saamen dieser Pflanze, welche nach einem starken Regen auf einmal so häufig auf den Feldern erschienen, mit demselben nicht herabgekommen, sondern durch ihn nur sichtbar gemacht worden waren. Dieses kann entweder so geschehen seyn, daſs sie aus ihren bereits geöffneten Kapseln durch die Heftigkeit des Regens herausgetrieben wurden, oder, was wahrscheinlicher ist, daſs die Kapseln sich bereits ausgeleert hatten, das vertrocknete Kraut aber durch den Regen in die Erde geschlagen und zum Theil weggeschwemmt

Digitized by Google

wurde, wodurch die ausgefallenen Körner zum Vorschein kamen. Während der Ausarbeitung seiner Schrift fand **Treviranus** auch noch einige ähnliche Fälle dieser Art in den hier schon mehrmal genannten Schriften der Leopoldinischen Gesellschaft der Naturforscher aufgezeichnet, von denen der eine zu Brieg Ende Juni 1696, der andere am 3. Aug. jenes Jahres vor dem Ohlauer Thore hieselbst, der dritte zu Rothenburg an der Tauber 1697 stattgefunden hatte. Die ersteren beiden beschrieb Dr. **Gottfried Schulz** *), ein zu damaliger Zeit berühmter Arzt Breslau's, den andern Lt. **Rosinus Lentilius** **). Auch hier waren die Saamen nur auf Aeckern gefunden worden, und gaben beim Keimen *Veronica hederaefolia L.* (*Alsine hederacea Tabernaemontan.*, *Alsine folio hederulae C. Bauhin.*, *Morsus gallinae fol. hederulae Lobel.*).

In allen vorliegenden Fällen, und auch in den von uns oben angeführten diesjährigen Wurzelregen, war es nicht mit entscheidender Gewiſsheit nachgewiesen, ob diese vegetabilischen Körper (Wurzeln und Saamen) aus der Luft herabgekommen waren, sondern vielmehr wahrscheinlicher, daſs der Ort ihres Vorkommens auch zugleich ihre Geburtsstätte gewesen sey, daſs das erstere jedoch wirklich geschehen könne und auch wohl schon stattgefunden habe, beweisen folgende Beobachtungen vom Herabfallen vegetabilischer Substanzen, unter die namentlich die sogenannten Schwefelregen gehören, von denen bald die

*) *Ephem. Natur. curios. Dec. III. ann. III. Obs. XXXIX. de Milii pluvia prodigiosa.*

) *Ephem. Natur. curios. Decur. III. ann. VII. obs. LXXIX. de bonis horis male collocatis circa meditationes super pluviam coccoidem.* Hieher gehört wahrscheinlich auch eine Beobachtung von **Velschius, der in seinem Buche, *Hecatostaea I. Observ. Phys. Medic.* 32., welches ich jedoch nur dem Titel nach kenne, eines Getreideregens erwähnt, der nichts weniger als durch Getreide, sondern durch *grana Hederae*, also wahrscheinlich unsere *Veronica hederaefolia*, veranlaſst wurde.

Digitized by Google

Rede seyn soll. Bartholini *) erzählt, daſs er in Dänemark Getreide (*frumentum*) auf Bäumen habe hängen sehen, wohin es durch groſse Windstöſse gebracht worden wäre. Hartmann **) führt einen ähnlichen Fall von Hafer in Kurland 1686 an. Am merkwürdigsten erscheint aber der Erbsenregen bei Leon in Spanien, erwähnt von Ventenat ***). Am 27. Juli 1803, Nachmittags, ſiel 2½ Lieus von der Stadt Leon in Folge eines heftigen Sturmes mit Regen und Hagel eine groſse Menge (ungefähr 10 bis 12 Centner) runder, leicht zusammengedrückter Saamenkörner von der Gröſse kleiner Erbsen herab, die den Leuten daselbst ganz unbekannt waren. Die Schale dieser Saamen war lederartig, sehr glatt und perlgrau. An ihrer Grundfläche saſs ein nur wenig hervorstehendes Fleischwärzchen mit der Keimgrube in der Mitte, und unterhalb derselben zeigte sich durch die Lupe eine kurze Furche. Im Innern der Saamen war keine Spur von eigner Saamenhülle, und das Würzelchen lag auf dem Saamenlappen gekrümmt. Mehrere kochten diese Saamen, sie wurden bald gar und waren von gutem Geschmack. Am 8. August säete Cavanilles, Director des botanischen Gartens zu Madrid, diese Saamenkörner. Mehrere keimten, und es zeigte sich, daſs sie einer Art *Lupinus* angehörten, jedoch welcher, lieſs sich damals wegen Mangel an vollständiger Entwicklung nicht entscheiden. Weitere Nachrichten vermochte ich hierüber nicht aufzufinden. Auch in Andalusien sollte sich vor einiger Zeit ein Kornregen ereignet haben, und man bald nachher benachrichtigt worden seyn, daſs er

*) *Centur.* 4. *hist. anat.* 16.

**) *Exercit. de generat. miner. veget., et animal. in aëre etc. Auctore* Ph. J. Hartmanno, *Phil. et Med. Dr. Regiomont. p.* 40. *in append. Miscell. nat. curios Decur. II. ann. VII. Norimbergae* 1689.

***) *Annal. de Chimie, T. XLIX. p.* 108. — Gilbert's Annal. Bd. 18. S. 334.

von Getreide herrühre, welches der Wind von einer Tenne bei *Tanger* fortgeführt hatte. (*Ann. de Chim., T. XLVIII. p.* 105.)?

Die neueste hieher gehörende Beobachtung ist folgende: »Hr. Thénard *) legte der Academie einen Stoff vor, welcher ihm von dem Minister der auswärtigen Angelegenheiten zugeschickt worden war. Diese Substanz sollte im Anfange dieses Jahres (1829) in Persien vom Himmel gefallen seyn, und den Boden oft in einer Höhe von 5 bis 6 Zoll bedeckt haben. Die Heerden, und besonders die Schaafe, haben sich reichlich von diesem merkwürdigen Erzeugniſs nähren können. Man hat auch Brot daraus bereitet, welches als Nahrung für Menschen diente. Diese Nachrichten wurden in Persien von einem russischen General als Augenzeugen dem französischen Consul mitgetheilt. Hr. Desfontaines hielt dieses Vegetabil für eine Art *Lichen*, welches sich in sehr groſser Menge findet und von dem Winde an den Ort geweht worden war, wo man sein plötzliches Erscheinen bemerkt hatte. Eine ähnliche Erscheinung war schon im Jahre 1824 in der nämlichen Gegend von Persien beobachtet worden.« So kühn es auch scheinen mag, in einer solchen Entfernung vom Beobachtungsort eine Erklärung dieses Factums zu wagen, so erlaube ich mir doch zu bemerken, daſs diese Flechtenart vielleicht der *Lichen esculentus Pallas* (*Urceolaria esculenta Achar.*) seyn könnte, der in Persien, der gesammten Tartarei und auch bei Astrakan, woher ich Exemplare besitze, häufig vorkommt, und von den Einwohnern zur Speise benutzt wird. Sie ist, nach den Beobachtungen von Eversmann (jetzt Prof. in Kasan), die nächstens in den Schriften der K. Leopoldinischen Academie erscheinen werden, und deren vorläufige Mittheilung ich dem Hrn. Präsidenten der Academie verdanke, sehr locker an dem Boden befestigt, ja oft läſst sich gar keine nähere Verbindung

*) Fror. Notiz. S. 466. Sept. 1828. S. 55.

Digitized by Google

wahrnehmen, so daſs sie durch den Wind oft in ungemeiner Menge von den Höhen in die Thäler getrieben wird. Während des Druckes dieser Abhandlung finde ich noch einige Nachrichten über diese Substanz, die der eben ausgesprochenen Meinung über den Ursprung und Beschaffenheit derselben noch mehr Wahrscheinlichkeit zu verleihen im Stande sind. Fr. Göbel in *Dorpat* *) liefert die Analyse einer von Parrot aus dem Ararat mitgebrachten Flechte, welche im J. 1828 in einigen Districten Persiens 5 bis 6 Z. hoch angeblich vom Himmel herab'geregnet und von den dortigen Einwohnern gegessen worden war. Ledebour erklärt sie für *Lichen esculentus*, und sagt, daſs sie in der Kirgisensteppe und überhaupt im mittleren Asien auf todtem lehmigen Boden, nackten Felsenriffen häufig vorkomme und oft plötzlich nach starken Regengüssen heranschieſse, so daſs nach seiner Meinung sie wahrscheinlich niemals herabgeregnet, sondern nur in einer Nacht nach starkem Regen plötzlich der Erde entwachsen sey **).

*) Schweigger-Seidel Journ. Bd. 60. 1830. S. 393.

**) Wenn vielleicht hier Jemand eine Nachricht über die Manna vermissen sollte, die einst den Israeliten in der Wüste zur Speise diente, so erlaube ich mir hier folgende Beobachtungen mitzutheilen, die wir den unermüdeten Nachforschungen der Herren Hemprich und Ehrenberg verdanken (*Symbol. phys. autor.* Hemprich et Ehrenberg, *Decas prima* Isis 12. 1829. p. 1268.). »Der süſse Mannasaft fällt noch in unserer Zeit aus der Luft, nicht vom Himmel, sondern vom Gipfel eines kleinen Strauches, der Gattung *Tamarix*, welcher der *T. gallica* sehr nahe steht, auf die Erde, kommt noch häufig auf dem Sinaigebirge vor, und heiſst noch heute bei den Arabern *Man*. Diese und die griechischen Mönche sammeln denselben und essen ihn wie Honig auf Brot. Ein kleines Insect (*Coccus manniparus*), womit oft der Strauch ganz bedeckt ist, verletzt die Zweige desselben, und aus den von ihnen verursachten Stichen sickert nach Regenwettern ein klarer Saft, der allmälig sich verdickt und wie ein brauner Syrup niedertropft. Vor und etwas nach Sonnenuntergang läſst er sich leichter von der Erde, selten vom Strauche selbst

Digitized by Google

Resultat.

Wenn wir uns nun die Reihe sämmtlicher Beobachtungen noch einmal zurückrufen, so möchten wir als Resultat derselben folgendes festzusetzen uns veranlaſst sehen:

1) In Beziehung auf die sogenannten Getreideregen, die ihren Ursprung den Wurzeln des kleinen Schöllkrautes, der Butterblume (*Ranunculus Ficaria L.*) verdanken, ergiebt sich, daſs keine einzige sichere Beobachtung vorhanden ist, welche das Herabkommen derselben aus der Luft mit Bestimmtheit nachwiese, denn Niemand hat sie aus den Wolken herabfallen sehen, noch sind sie an Orten gefunden worden, wohin sie auf einem anderen Wege als durch Strömungen der Gewässer hätten gebracht werden können. Wenn man nun überhaupt bedenkt, daſs diese immer von Erde bedeckten Wurzeln durch die Gewässer erst losgespühlt und dann von dem Regen fortgeführt werden, daſs also Winde dieselben erst aus dem strömenden Wasser empor zu heben hätten, so verliert die Meinung immer mehr an Wahrscheinlichkeit, daſs sie aus der Luft jemals herabgefallen wären, noch herabfallen könnten.

2) Rücksichtlich der Saamen der *Veronica hederaefolia*, des epheublättrigen Ehrenpreises, die auch zu verschiedenen Zeiten zu Sagen von Getreideregen Veranlas-

sammeln, weil er wegen der geringern Luftwärme dann härtlich ist. Bei höherer Temperatur zerflieſst er. Die Mannasammler füllen in wenigen Tagen 2 Fuſs lange und 1 Fuſs dicke Schläuche. Wie also *Cicad. orni* die Manna aus den Eschen im südlichen Europa hervorlockt, so hier ein kleiner *Coccus* die berühmte sinaitische Manna aus *Tamarix*. Das Weibchen desselben ist gelb, flügellos, Fühlhörner 9gliedrig, Füſse 4gliedrig. Das nach dem Eierlegen sterbende Weibchen ist ein rother Kern in weiſsen Haaren eingewickelt. Diesen *Coccus* haben wir sonst nirgends gefunden, sonst würde wahrscheinlich auch *Tamarix gallica* Manna liefern, die, wie schon erwähnt, nur wenig von der am Sinai vorkommenden Art abweicht.«

Digitized by Google

sung gegeben haben, gilt fast dasselbe, was wir so eben von den Wurzeln des Schöllkrautes bemerkten. Auch hier hatte der Regen diese Körner wahrscheinlich auf die oben beschriebene Weise erst sichtbar gemacht, und wir unterschreiben daher mit inniger Ueberzeugung das, was Hr. Prof. Treviranus in der erwähnten Schrift in dieser Beziehung bemerkte.

S. 30. »Hiermit soll keinesweges geläugnet werden, daſs nicht auch mit einem Platzregen zuweilen Körper aus der Luft mit herabkommen könnten, die durch eine mächtige elektrische Anziehung während der Gewitterbildung in die Höhe gehoben worden sind, welches vielmehr eine nicht zu bezweifelnde Thatsache ist; allein ich glaube, *man muſs so lange als möglich sich an den gewöhnlichen Ursachen und Vorgängen halten. ehe man zu den auſserordentlichen seine Zuflucht nimmt.*«

3) Was nun endlich die dritte Reihe von Beobachtungen betrifft, von Körpern, die sich unmittelbar über der Erde und nicht bedeckt von derselben befinden, wie jene Bohnen, Getreide u. s. w., so wollen wir gern zugeben, daſs unter gewissen Umständen selbst nicht unbedeutende Quantitäten derselben durch Stürme oder Windhosen (Landtromben) in die Höhe gehoben und an ferne Orte geführt werden können, empfehlen aber diese Angelegenheit der Aufmerksamkeit der Naturforscher, weil die bisherigen diesfälligen Untersuchungen noch manche Lücke auszufüllen übrig lieſsen. Leichtere Substanzen, wie Blüthenstaub und pulverartige Saamen, sehen wir dagegen oft in der Luft umhertreiben, und dieses Phänomen gab Gelegenheit zu der Sage von sogenanntem Schwefelregen, von welchem sogleich näher die Rede seyn soll.

II. Von den sogenannten Schwefelregen.

Die Erscheinung, daſs man nach von Stürmen begleiteten Gewitterregen Erde und Gewässer mit gelbem schwefelähnlichen Staube überzogen findet, kommt zu oft

Digitized by Google

vor, als daſs man nicht schon in früheren Zeiten darauf aufmerksam und die Ursache derselben zu erforschen bemüht gewesen seyn sollte. Wirklich haben auch vorurtheilsfreie Männer den wahren Grund dieses Phänomens schon früh eingesehen, wie folgende historische Notizen beweisen.

J. S. Elsholtz *) sagt, daſs die gelbe Materie, die man zuweilen nach Platzregen finde, der Saamenstaub des *Musci terrestris clavati* oder des *Lycopodii clavati* sey, der unter dem Namen Bärlappsaamen, Hexenmehl bekannt ist. In einer erklärenden Note wird bemerkt, daſs auſser dem Saamen dieser Pflanze auch der Blüthenstaub der Fichten (*Pinorum*), Haselnuſsstrauches, selbst das Korn und mehrere andere Kräuter zu dieser Erscheinung Veranlassung geben könnten.

Scheuchzer **) leitet aus derselben Ursache die gelbe Färbung des Züricher See's her, welche nach einem Regen im Monat Mai 1677 stattfand.

J. Wolff ***) beobachtete zu Altenburg zuerst im J. 1670 und wiederholentlich in den Jahren 1679 und 1681 im Monat Mai diesen sogenannten Schwefelregen, und führt noch mehrere andere Fälle dieser Art an, welche sich 1597 zu Stralsund, 1621 in Leipzig, 1629 in Wittenberg, und gleichfalls jedesmal im Monat Mai ereigneten. Er glaubt, wie Elsholtz und Scheuchzer, daſs dieser Staub von den Blüthen der Fichtenbüsche herrühre. In einer beigefügten Note werden noch zwei Fälle von Schwefelregen angeführt, die, wie der Beob-

*) *De sulphure putatitio cum pluvia descendente. Obs. LXXXVII. p.* 119. *Miscell. curiosa medico-physica acad. natur. curios. sive Ephemerid. medic. phys. Anni sexti et septimi ann.* 1675 *et* 1676. *Francof. et Lips.* 1688.

**) *Meteorologic. Helvetic. p.* 14.

***) *Observ. CXCIV. p.* 67. *Misc. cur. sive Ephemerid. medic. phys. Decur. II. Anni VII. Norimb.* 1689.

Digitized by Google

achter Schröckh meint, der Annahme des Wolff über den Ursprung dieſer Erscheinung widersprächen.

A. Wormé, Professor zu Kopenhagen *), will nämlich 1646 den 16. Mai daselbst wirklichen Schwefel nach einem solchen Regen gefunden haben, desgleichen J. Martin Stobäus **) zu Friedrichsstadt in Norwegen den 19. Mai 1665. Indem sich ersterer von der Richtigkeit seiner Untersuchungen überzeugt hält, geht er so weit, den Ursprung dieses Schwefels von dem Heckla in Island herzuleiten, woher derselbe wohl durch Sturm herbeigeführt worden seyn könnte. Glücklicherweise hat aber Stobäus zugleich die Beschreibung der Analyse und seiner Versuche mit jenem angeblichen Schwefel mitgetheilt, woraus sich denn unzweifelhaft ergiebt, daſs es keineswegs mineralischer Schwefel, sondern ein vegetabilisches, dem Blüthenstaube ähnliches Product gewesen ist.

Fernere Schwefelregen fanden noch statt: 1658 im Mansfeldischen, nach Spangenberg ***), 1690 im Juni zu Cassel, nach J. Doläus †), 1721 im Braunschweigschen, nach Siegesbeck ††), 1731 in Lüneburg-Celle, nach Berger †††), nach W. Meurer [1]) zu Chemnitz, nach Möller zu Freiberg [2]); am vorzüglichsten finden wir dieſs Phänomen von Schmieder, Dr. med. zu Pirna, in einer sehr interessanten Abhandlung [3])

*) *Libr. I. Musei sui sect. I. cap. II.*

**) Worüber Dr. Simon Pauli in seiner *Comment. de abusu Tabac. et hb. Thée* berichtet.

***) *Chronic. Mansfeld. Tom. I. p.* 395.

†) Dessen *Append. ad encyclop. Chir. p. m.* 122. *Observ.* 21.

††) *Nova literaria Anni* 1684.

†††) Dessen Versuche in der Natur, S. 110.

1) Dessen *Meteorologia*, *p. m.* 280. *et* 298.

2) *Annal. Friberg. H.* 1.

3) *Observ. LXXX. p.* 187. *Ephemerid. Acad. natur. curios.*

Digitized by Google

beleuchtet, die in jeder Beziehung den Gegenstand so erschöpft, daſs sich auch nach dem heutigen Zustande der Wissenschaft nichts mehr hinzufügen läſst.

Indem er erwähnt, daſs die sogenannten Schwefelregen in sehr verschiedenen Monaten der wärmeren Jahreszeit beobachtet würden, folglich unmöglich alle von dem Blüthenstaub der Fichtenarten oder dem Bärlappsaamen herrühren könnten, die doch nur zu einer gewissen Zeit des Sommers blühten, führt er mehrere reichlich Blüthenstaub enthaltende Gewächse an, die diese Erscheinung oft hervorzubringen pflegten. Diesem zufolge wären alle Schwefelregen, die im März oder April stattfanden, von dem *Erlen*- und *Haselnuſsstrauch*, die im Mai und Juni von den *Fichtenarten*, vom *Wachholder* und der *Birke*, im Juli, August und September von dem *Bärlappsaamen* (*Muscus terrest. claratus* oder *Lycopodium clavatum*), von den *Rohr-Liesch* oder *Teichkolben* (*Thypha angustifolia et latifolia* oder dem Kannenkraut, *Equisetum*) herzuleiten. Der Blüthenstaub dieser ebengenannten Pflanzen wäre dem der Fichte und des Bärlappsaamen vollkommen ähnlich, sowohl hinsichtlich der Farbe als des chemischen Verhaltens, bei welchem er vorzüglich die Eigenschaft desselben, sich bei der Berührung der Flamme plötzlich zu entzünden, hervorhebt. Oft habe er nach heftigen Regengüssen Teiche mit jenem gelben Pulver überzogen gefunden, und sich immer überzeugt, daſs jene Pflanzen sich in der Nähe in Blüthe befanden und eben stäubten. In Wäldern fände man immer die gröſste Menge dieses sogenannten Schwefels an jenen Orten, die dem Strich des Windes ausgesetzt wären. Wenn auch diese Erscheinung vorzugsweise nach Gewittern beobachtet würde, so dürfe man doch deswegen, wie Einige wollten, keinesweges Blitz und Donner als mitwirkende Ursache ansehen, sondern nur in Betracht

Cent. III. et IV. Norimbergae 1715. *De sulphure cum pluvia vernali et aestivo interdum tempore decidente, putatitio.*

Digitized by Google

ziehen, daſs Gewitter doch immer von warmer Temperatur begleitet würden, sich daher die Blüthen vorzugsweise um jene Zeit öffneten, und daher auch eine gröſsere Menge Blüthenstaub zu entleeren vermöchten. Ueberdieſs wären ja auch nicht alle Gewitter von jener Erscheinung begleitet, was doch der Fall seyn müſste, wenn Blitz und Donner hiebei Einfluſs ausübten.

Neuere mir bekannt gewordene Beobachtungen von Schwefelregen sind folgende:

Am 19. April 1761 fiel zu Bordeaux unter heftigem Sturm und Regen ein gelbes Pulver, das den Boden hier uud da zwei Linien hoch bedeckte. Die Mitglieder der Academie zu Paris erkannten dasselbe für den Blüthenstaub der Pinus-Arten *).

Aehnliche Ursachen fanden auch, nach Hollmann, bei einem Schwefelregen in der Umgegend von Göttingen statt **).

Sehr interessant ist ein Fall dieser Art bei Kopenhagen wegen genauer Angabe der dabei stattfinden Umstände, von Wiborg und Rafn' beschrieben ***):

»In der Nacht vom 24. auf den 25. Mai 1804 fiel vom schwarz bewölkten Himmel auf einer Strecke von wenigstens zwei Meilen um Kopenhagen ein sogenannter vegetabilischer Schwefelregen. Die Wolke, welche diesen Regen brachte, kam aus Südost, und die Tropfen waren sehr groſs und gelb. Des Morgens sah man überall, wo das Regenwasser zusammengelaufen war, an den Rändern ein gelbes Pulver schwimmen, und auf der Mitte des Wassers eine gefleckte Haut. Die Festungsgräben waren an mehreren Orten gleichsam mit einem gelben Teppich überzogen. Auch auf der Erde fand man dieses gelbe Pul-

*) Gehler's Wörterbuch, Th. 3. S. 650., 1790 (1. Aufl.).

**) *Comment. Gölling. Vol. III. p.* 59.

***) Voigt's Magaz. Bd. 8. S. 54.; auch in Gilbert's Annalen, Bd. 18. S. 337.

Pulver, vorzüglich an Stellen, wo der Regen kleine Löcher gebildet hatte, die mehr oder weniger ausgetrocknet waren. Dieses Pulver gesammelt und getrocknet, hatte, unter dem Mikroskope und durch chemische Reagentien untersucht, alle Eigenschaften des sogenannten Hexenmehls (*Sem. Lycopodii*), des vegetabilischen Schwefels der Alten. Auf Wasser gestreut, erhielt es den hineingetauchten Finger trocken, in ein brennendes Licht oder auf glühendes Eisen geblasen, entflammte es sich und verbrannte ohne allen Geruch nach schwefliger Säure. Auch war es weder zu verdampfen, noch zu schmelzen, noch wie der Schwefel zu entzünden, war unauflöslich in Weingeist, gab mit Kali kein Schwefelkali und färbte sich in Schwefelsäure braun wie das Hexenmehl. Höchst wahrscheinlich ist dieser Schwefelregen dadurch entstanden, daſs die Wolke, welche ihn brachte, vermittelst einer Wasserhose, die über einen blühenden Buchen- oder Tannenwald zog, aus demselben Blüthenstaub erhielt, der sich mit den Dünsten der Atmosphäre vermischte und mit dem aus ihnen gebildeten Regentropfen herabfiel. Man will wirklich am 24. Mai Abends über Waldbye, einem Dorfe ½ Meile von Kopenhagen, eine Wasserhose gesehen haben.«

In allen eben erwähnten Fällen verursachte diesen sogenannten Schwefelregen nichts anderes als der Blüthenstaub der oben genannten Gewächse, der auſser der Farbe nur noch die Eigenschaft, sich bei Berührung der Flamme leicht und schnell zu entzünden, mit dem Schwefel theilt, das Herabfallen von wirklichen Schwefelmasen ist dagegen bis jetzt, auſser in der Nähe der Vulkane noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen. Chladni hat in seinem interessanten Werk über Feuermeteore (Wien 1819) ein Paar Beobachtungen dieser Art mit Frageze-

chen angeführt: S. 367., 1612 im Junius sollen zu Magdeburg, Lohburg u. s. w. Schwefelklumpen, eine Fauſt groſs, gefallen seyn, nach dem *Theatr. Europ. T. IV. p.* 399. und 371. In den *Philos. transact.* 1736, *p.* 427., wird ein, faſt einen Zoll groſses Stück Schwefel beschrieben und abgebildet, welches auf einem unbebauten Boden war gefunden worden, und dessen Ursprung man nicht anders als durch einen meteoriſchen Niederfall zu erklären wuſste.

Wir schlieſsen diese Abhandlung mit dem Bemerken, daſs auch in Schlesien das Phänomen des sogenannten Schwefelregens schon häufig von Anderen und mir beobachtet worden ist, und in allen diesen Fällen immer, je nach der Jahreszeit, die eine oder die andere der oben genannten Pflanzen, die in Schlesien sämmtlich sehr häufig vorkommen, die gelbe Farbe der Wässer verursacht hat. Jedoch würde es immer interessant seyn, von den näheren dabei stattfindenden Umständen unterrichtet zu werden, und indem ich auch diese Angelegenheit der Aufmerksamkeit meiner Landsleute empfehle, kann ich hier nicht unterlassen, Allen denen, welche mir bei Ausarbeitung gegenwärtiger Abhandlung durch Mittheilung von Nachrichten so wesentliche Dienste leisteten, nochmals ergebenst zu danken.

IV. *Vermischte chemische Notizen.*

1. *Titaneisen.* Um eine bequemere Darstellungsweise der Titansäure aus Titaneisen zu versuchen, wurde das fein gepulverte Mineral mit dem mehrfachen Gewichte Chlorcalcium bei starker Glühhitze geschmolzen. Zwischen den Fugen des bedeckten Tiegels entwich fortwährend Chloreisen, welches die schwache Flamme des Kohlenfeuers weiſs und leuchtend machte, und ein metall-

Digitized by Google

glänzendes Sublimat von Eisenoxyd an den Rändern des Tiegels absetzte. Die schwarze geschmolzene Masse im Tiegel wurde mit Wasser ausgezogen. Auſser Chlorcalcium nahm es viel Eisenchlorür auf, aber es blieb nicht reine titansaure Kalkerde zurück, sondern es war der gröſste Theil des Titaneisens in eine, aus sehr glänzenden Krystallnadeln bestehende, schwarze Substanz verwandelt. Sie wurde mit concentrirter Salzsäure digerirt, um das noch unveränderte Titaneisen und alle Kalkerde zu entfernen, und alsdann mit Wasser ausgewaschen.

Diese Krystallnadeln haben eine sehr dunkel stahlblaue Farbe, verbunden mit einem auſserordentlichen Glanz und vollkommener Undurchsichtigkeit. Oft sind sie mehr als 1 Linie lang, doch waren an keiner mehr als zwei Flächen zu entdecken, das heiſst, sie bilden stets so dünne Krystalle, daſs die anderen Flächen wie verschwunden sind. Sie werden nicht vom Magnet gezogen, und wenn es der Fall zu seyn scheint, so rührt es stets von noch beigemengtem Titaneisen her.

An der Luft geglüht, bleibt diese Substanz durchaus unverändert, und verliert auch nicht im Geringsten ihren Glanz. Eben so unverändert bleibt sie beim Glühen in Chlorgas. Von heiſser concentrirter Salzsäure wird sie durchaus nicht aufgelöst, und auch kochende concentrirte Schwefelsäure läſst sie ungelöst. Dagegen löst sie sich leicht auf in glühend schmelzendem, saurem schwefelsauren Kali, und zwar mit gelber Farbe, und ohne bemerkbare Entwicklung von schwefliger Säure. Die Masse wird nachher vollständig von Wasser aufgenommen, und in der Auflösung findet man Titansäure und Eisenoxyd.

Aus diesen Eigenschaften scheint hervorzugehen, daſs diese krystallinische Substanz, in die das Titaneisen, unter gleichzeitiger Bildung von Eisenchlorür, durch Schmelzen mit Chlorcalcium verwandelt wird, titansaures Eisen*oxyd* sey, entstanden aus dem Eisenoxyd, welches das natürliche titansaure Eisenoxydul bekanntlich stets in be-

Digitized by Google

deutender Menge beigemischt enthält. Das zu diesen Versuchen genommene Titaneisen war theils derbes von Egersund in Norwegen, theils krystallisirtes vom Ilmensee in Sibirien.

Wenn man dem Gemenge von Titaneisen und Chlorcalcium noch Kohlenpulver zusetzt, so scheint beim Schmelzen alles Eisen, welches sich nicht mit Chlor verbindet, metallisch reducirt zu werden; denn die geschmolzene Masse löst sich nun unter starker Wasserstoffgas-Entwicklung in Salzsäure auf, läſst dabei aber ein röthlichbraunes, krystallinisches Pulver zurück, welches rutilartige Titansäure ist.

2. *Basisches chromsaures Bleioxyd.* Die Darstellung dieser, zuerst von Dulong beobachteten Verbindung auf *nassem* Wege ist bekannt. Sie scheint auf diese Weise niemals rein zinnoberroth, sondern stets nur in einer tiefen Nüance von Orange erhalten werden zu können, wiewohl schön genug, um in der Färberei Anwendung zu finden. Aber rein zinnoberroth, und mit dem besten Zinnober an Höhe der Farbe wetteifernd, wird dieses Salz, wie wir gefunden haben, durch Schmelzen des neutralen chromsauren Bleioxyds mit Salpeter erhalten. — Man bringt Salpeter bei ganz schwacher Glühhitze zum Schmelzen und trägt nach und nach, in kleinen Antheilen, reines Chromgelb hinein. Jedesmal entsteht starkes Aufkochen von entwickelten Gasen, und die Masse wird schwarz, weil das Chromroth, wie man das basische Bleisalz in der technischen Sprache wohl nennen könnte, schwarz erscheint, so lange es heiſs ist. Man fährt mit dem Zuschütten von Chromgelb so lange fort, bis nur noch wenig Salpeter unzerstört übrig ist, indem man stets beachtet, den Tiegel nur gelinde glühend zu erhalten, weil bei zu starker Hitze die Farbe weniger schön, in's Bräunliche ziehend, ausfällt. Alsdann läſst man den Tiegel einige Minuten lang ruhig stehen, damit sich das schwere Chromroth zu Boden setze, und

Digitized by Google

gieſst die noch flüssige, aus chromsaurem Kali und Salpeter bestehende Salzmasse davon ab, die man nachher wieder zur Bereitung von Chromgelb benutzen kann. Die Masse im Tiegel wird mit Wasser ausgezogen, und das sich abscheidende Chromroth nach gutem Auswaschen getrocknet. Bei dieser Behandlung mit Wasser ist es für die Schönheit der Farbe wesentlich, daſs man die Salzauflösung nicht lange über dem rothen Pulver stehen lasse, weil dadurch die Farbe an Höhe verliert und mehr orangeroth wird; das Pulver aber setzt sich wegen seiner Schwere und seines krystallinischen Zustandes jedesmal so schnell ab, daſs diese Vorsicht durch rasch wiederholtes Aufgieſsen von frischem Wasser sehr leicht zu befolgen ist.

Das so erhaltene Chromroth stellt ein prächtig zinnoberrothes Pulver dar, und besteht, wie man bei Betrachtung im Sonnenschein sieht, aus lauter glänzenden Krystallpartikelchen. Es möchte keinem Zweifel unterliegen, daſs, sobald man es wohlfeiler als den Zinnober wird darstellen können, es im Allgemeinen statt dessen gebraucht werden kann.

Das gelbe chromsaure Bleioxyd löst sich in bedeutender Menge in einer heiſsen concentrirten Lauge von kaustischem Kali auf. Nach einigen Tagen setzen sich aus dieser Auflösung rothgelbe, aus feinen Blättchen zusammengesetzte Krystallgruppen ab, die aus basischem, und nicht aus neutralem chromsauren Bleioxyd bestehen, wie von, auf ähnliche Weise entstandenen Krystallen angegeben worden ist *).

3. *Kupferoxydul.* Die einfachste und sicherste Methode, reines Kupferoxydul darzustellen, möchte wohl folgende seyn: Man löst Kupfer in Salzsäure auf, indem man ihr allmälig kleine Portionen Salpetersäure zumischt, dampft darauf zur Trockne ab, und erhitzt das Chlorid in einem Tiegel bis zum Schmelzen, wodurch es bekannt-

*) Diese Annalen, Bd. III. S. 221. Note.

Digitized by Google

lich in braunes, krystallinisches Chlorür umgeändert wird. 10 Th. von diesem werden nun mit 6 Th. wasserfreiem kohlensauren Natron gemengt und in einem bedeckten Tiegel bei gelinder Glühhitze geschmolzen. Aus der geschmolzenen Masse löst man das entstandene Kochsalz mit Wasser auf, wobei sich das Kupferoxydul als ein schön rothes, aber nicht krystallinisches, Pulver abscheidet, welches man auswäscht und trocknet. — Setzt man dem obigen Gemenge noch Salmiak zu, so wird, wie vorauszusehen ist, alles Chlorür zu metallischem Kupfer reducirt, welches sich beim Auflösen der Masse in Wasser in einem sehr lockeren, schwammigen Zustand abscheidet.

4. *Eisenoxydul.* Man kennt es noch nicht in isolirtem Zustande. Die eben erwähnte Bildungsweise des Kupferoxyduls gab Hoffnung, auf diesem Wege auch das Eisenoxydul darstellen zu können. Es wurde hierzu sublimirtes Eisenchlorür bereitet durch Glühen von Eisendraht in Chlorwasserstoffgas, und dieses, in weiſsen, talkartigen Schuppen krystallisirte Chlorür mit wasserfreiem kohlensauren Natron bei schwacher Glühhitze geschmolzen. Bei Auflösung der Masse in Wasser blieb ein kohlschwarzes, schweres Pulver zurück.

Dieser schwarze Körper wurde stark vom Magnet gezogen, löste sich in Salzsäure ohne Gasentwickelung auf, war aber dessen ungeachtet kein Eisenoxydul, wie die Gewichtszunahme auswies, die er beim Erhitzen an der Luft erlitt, indem er sich in braunes Eisenoxyd umwandelte. Diese Gewichtszunahme zeigte, daſs er Eisenoxydul-Oxyd war.

Seine Auflösung in Salzsäure ist gelb; gieſst man Ammoniak hinein, so entsteht ein schwarzer, oder bei Verdünnung, bräunlichschwarzer Niederschlag, der sich abfiltriren und auswaschen läſst, ohne bei dieser Berührung mit der Luft seine Farbe zu ändern, d. h. ohne sich, wie man erwarten sollte, in Eisenoxydhydrat um-

Digitized by Google

zuwandeln. Nach dem Trocknen bildet dieser Niederschlag bräunlichschwarze, spröde Stücke mit glänzendem Bruch, und nach dem Zerreiben ein dunkelbraunes Pulver. Er ist das Hydrat vom Eisenoxydul-Oxyd, und verliert beim Erhitzen das Wasser, indem er wieder zu schwarzem Oxydul-Oxyd wird.

Eine andere unerwartete Eigenschaft dieses Hydrats ist, daſs es so stark, wie die wasserfreie Verbindung (oder wie Magneteisenstein) vom Magnet gezogen wird, und nicht etwa erst nach dem Trocknen, sondern gleich nach seiner Fällung, wenn es noch in der Flüssigkeit schwebt; senkt man in dieselbe einen Magnetstab, so sammelt sich ein groſser Theil des Niederschlags um ihn an, und umgiebt ihn gleichsam wie mit einem dicken Pelz.

Der natürliche Magneteisenstein verhält sich in dieser Beziehung genau so, wie die obige künstlich dargestellte Verbindung. Reine Krystalle wurden, bei abgehaltener Luft, in Salzsäure aufgelöst, und die gelbe Auflösung durch Ammoniak gefällt. Es entstand derselbe schwarze Niederschlag wie oben, er oxydirte sich an der Luft eben so wenig höher, und war eben so magnetisch.

Ferner ist bekannt, daſs der durch Fällung eines Eisenoxydulsalzes mit einem Alkali erhaltene *weiſse* Niederschlag (Eisenoxydulhydrat) durch Kochen mit der Flüssigkeit schwarz wird, und man scheint anzunehmen, daſs diese schwarze Substanz wasserfreies Oxydul sey. Allein dieſs ist nicht der Fall, sondern der so entstehende schwarze Körper ist ebenfalls das Hydrat vom Oxydul-Oxyd, und entsteht bei diesem Kochen nur in Folge des Luftzutritts.

Das weiſse Eisenoxydulhydrat ist, wenigstens so lange es unter der Flüssigkeit liegt, nicht magnetisch. Dieſs ist in Beziehung auf die obige Beobachtung auffallend genug, wenn man von der Annahme ausgeht, daſs in magnetischen Eisenoxyd-Verbindungen die magnetischen Eigenschaften von dem Gehalt an Eisenoxydul abhängen, in Folge dessen das Hydrat vom Oxydul eher magnetisch

Digitized by Google

seyn müſste, als das Hydrat vom Oxydul-Oxyd; und man könnte aus dem Umstande, daſs gerade das Gegentheil statt findet, vielleicht schlieſsen, daſs das Eisenoxydul an und für sich nicht mehr magnetisch sey, als das Oxyd für sich, und daſs die höhere magnetische Eigenschaft erst aus dem eigenen Verbindungszustand als Oxydul-Oxyd (Magneteisen, oder der analogen Verbindung als Magnetkies) hervorginge *). Denn weniger wahrscheinlich möchte das Verhalten durch die Annahme zu erklären seyn, daſs der aus der Auflösung von Oxydul-Oxyd erhaltene schwarze Niederschlag nicht Oxyduloxyd-Hydrat, sondern ein Gemenge von Eisenoxyd-Hydrat mit *wasserfreiem* Oxydul sey, und daſs er nur diesem letzteren seine magnetische Eigenschaft verdanke.

5. *Manganoxydul.* Die Methode von Arfvedson, dieses Oxydul durch Glühen seines kohlensauren Salzes in Wasserstoffgas darzustellen, ist sicher und leicht auszuführen, und würde die Anführung der folgenden Bildungsweise überflüssig machen, wenn diese nicht, bei gleich leichter Ausführbarkeit, das Eigenthümliche hätte, ein bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft unveränderliches Oxydul zu liefern. Diese Methode besteht darin, daſs man geschmolzenes Manganchlorür mit Salmiak und kohlensaurem Natron mengt, und bei Glühhitze schmilzt. Bei Auflösung der Salzmasse in Wasser bleibt das grünlichgraue Manganoxydul zurück.

6. *Nickel.* Richter hat das Nickel bekanntlich zu einem edlen Metall erhoben, weil er fand, daſs sich sein Oxyd im Porcellanofenfeuer von selbst reducirte. L. Gmelin schrieb nachher diese Reduction *per se* der

*) Ein ähnliches Verhalten zeigt das Eisen in seinen Schwefelverbindungen. Das dem Oxydul entsprechende Schwefeleisen (FS) ist, nach H. Rose's Erfahrungen, nicht magnetisch, während doch der weit mehr Schwefel enthaltende Magnetkies diese Eigenschaft in bedeutendem Grade besitzt. Man sehe diese Annal. Bd. V. (81.) S. 534. *P.*

Digitized by Google

Gegenwart des Kohlenoxydgases im Ofen zu, gleich wie man auch die von **Proust** beobachtete gleiche Reduction des Eisenoxyds im Porcellanofen zu erklären hatte; und in der That wäre es auch eine widersprechende Erscheinung gewesen, wenn ein Metall, welches sich, wie das Nickel, beim Glühen an der Luft so leicht oxydirt, welches in Sauerstoffgas mit Funkensprühen verbrennt, und in fein zertheiltem Zustande sich sogar bei gewöhnlicher Temperatur von selbst entzündet, bloſs durch starke Hitze aus seinem Oxyd wieder reducirt werden sollte. Indessen scheint hierüber kein directer Versuch angestellt worden zu seyn, wiewohl wir öfters schon zu beobachten Gelegenheit hatten, daſs bei Reductionen von Nickel im Porcellanofen, ohne Zusatz von Kohle, stets um so weniger Metall erhalten wurde, je besser der Tiegel verschlossen war. Folgender Versuch mag wohl hinreichend seyn, die Frage zu Gunsten der Meinung zu entscheiden, daſs diese Reduction *per se* nur scheinbar sey, und in der That durch das Kohlenoxydgas im Ofen bewirkt werde.

Es wurden gleiche Mengen Nickeloxyd, von derselben Bereitung und Reinheit, in zwei Tiegeln an derselben Stelle im Porcellanofen dem heftigsten Feuer desselben ausgesetzt. Der eine Tiegel war nur lose bedeckt; der zweite dagegen war inwendig und auswendig mit einem in starker Hitze verglasenden Ueberzug bestrichen, und nicht allein mit einem ebenfalls so luftdicht gemachten kleineren Tiegel bedeckt und wohl verklebt, sondern auch noch in einen gröſseren, ebenfalls bedeckten und verklebten Tiegel gesetzt, und der Zwischenraum zwischen beiden mit feinem Sand ausgefüllt. Als diese Tiegel nach beendigtem Brand, also nach 18stündigem Feuer, aus dem Ofen kamen, fand sich in dem *nicht* verklebten ein weiſser, geschmeidiger Nickelregulus von fast 5 Grammen Gewicht, einsitzend in noch vielem unreducirten, geschmolzenen Oxyd. Im *verklebten* Tiegel dagegen war

Digitized by Google

nur geschmolzenes Oxyd enthalten, worin nur einige wenige, wie kleine Stecknadelknöpfe groſse Metallkügelchen ſaſsen, deren Reduction hier nur beweist, daſs es nicht möglich sey, einen Thontiegel bei einem so starken und so lange anhaltenden Feuer für Gase vollkommen undurchdringlich zu machen.

Liebig und Wöhler

V. *Ueber die Oxalsäure.* *von Gay-Lussac.*

(*Ann. de chim. et de phys. T. XLVI. p.* 218.)

Es war mir, wie allen Chemikern, bekannt, daſs sich die Oxalsäure beim Erhitzen zum Theil verflüchtigt, zum Theil zersetzt, und ein Gemenge von Kohlensäure und einem brennbaren Gase liefert. Um die Natur des brennbaren Gases näher kennen zu lernen, setzte ich sehr reine Krystalle von dieser Säure in einer gläsernen Retorte der Einwirkung einer allmälig vermehrten Hitze aus. Bei 98° C. war die Säure vollkommen geschmolzen; bei 110° entwickelte sich mit dem Wasserdampf ein Gas, dessen Volumen sich in dem Maaſse vermehrte, als sich die Temperatur der Säure durch den Verlust des Krystallwassers erhöhte. Von 120° bis 130° an war die Entwicklung des Gases auſserordentlich heftig, und dauerte bis zur gänzlichen Zerstörung der Oxalsäure fort, nur mit einigen Unterschieden in der Temperatur, die nicht näher ermittelt wurden.

Diese leichte Zersetzbarkeit der Oxalsäure, durch eine sehr gemäſsigte Temperatur, ist um so auffallender, da man sie nicht voraussah, und die Oxalsäure unter den Pflanzensäuren als eine der beständigsten betrachtet wurde. Ihre Zersetzbarkeit durch concentrirte heiſse Schwefelsäure in gleiche Volumen Kohlensäure und Kohlenoxydgas war dieser Vorstellung nicht entgegen, und war leicht durch

Digitized by Google

die starke Verwandtschaft der Schwefelsäure zum Wasser, in Folge deren sie eine groſse Anzahl organischer Substanzen zerstört und verkohlt, erklärbar.

Die Untersuchung des durch die Zersetzung der Oxalsäure erhaltenen Gases zeigte mir, daſs es aus einem Gemenge von ungefähr 6 Theilen Kohlensäuregas und 5 Th. Kohlenoxydgas bestand. Dieses Verhältniſs änderte sich wenig im Verlaufe der Operation; nur gegen das Ende derselben war das Verhältniſs der Kohlensäure ein wenig gröſser.

Diese Zersetzung der Oxalsäure durch eine mäſsige Hitze machte mir die angenommene Wirkungsweise der Schwefelsäure verdächtig. In der That fand ich, daſs bei Anwendung dieser Säure die Oxalsäure sich bei derselben Temperatur bemerkbar zu zersetzen anfing, bei der sie sich für sich zersetzt, d. h. bei 110 oder 115 Grad. Allein ein wesentlicher Unterschied besteht darin, daſs man mit der Schwefelsäure, wie es Döbereiner beobachtet hat, ein Gemenge aus gleichen Maaſstheilen Kohlensäuregas und Kohlenoxydgas erhält, während die Oxalsäure für sich dieselben Gase in dem Verhältniſs von 6 : 5 liefert.

Diese Verschiedenheit brachte mich auf den Gedanken, daſs sich, bei Zersetzung der Oxalsäure ohne Gegenwart der Schwefelsäure, ein anderes Product bilden müsse, wodurch sich der Verlust an Kohlenoxydgas erklären lieſse. Ein in dieser Hinsicht angestellter Versuch zeigte mir, daſs das von der Oxalsäure abdestillirte Wasser sauer war, und daſs es Ameisensäure enthielt. Diese Säure erscheint anfangs nur in geringer Menge, weil sie von vielem Wasser begleitet ist, nachher aber destillirt sie immer concentrirter über, und gegen das Ende der Operation, wenn die Oxalsäure ausgetrocknet ist, hat sie einen sehr durchdringenden Geruch und starken Geschmack. Nach dem gefundenen Verhältniſs von 6 Volumen Kohlensäure auf 5 Vol. Kohlenoxyd, und in der Voraus-

Digitized by Google

setzung, daſs das fehlende Volumen des letzteren Gases mit Wasser Ameisensäure bildete, findet man, daſs sich, auf 12 Proportionen Oxalsäure 1 Proportion Ameisensäure bildet. Dieses theoretische Resultat schien mir mit dem Versuche ziemlich übereinzustimmen; doch habe ich mich nicht direct davon überzeugt. Es ist keinem Zweifel unterworfen, daſs der Wasserstoff der Ameisensäure vom Wasser, und nicht von der Oxalsäure, geliefert worden ist, denn Kohlensäure und Kohlenoxyd hätten sonst zu gleichen Volumen erzeugt werden müssen. Uebrigens folgt es auch nothwendig aus der, durch die Versuche von Dulong und Döbereiner, gegenwärtig richtig bekannten Natur der Oxalsäure. Ich muſs bemerken, daſs wenn die Zersetzung nicht zu plötzlich bewerkstelligt worden ist, alle Oxalsäure zerstört wird, und kein bemerklicher Theil davon sich verflüchtigt.

In Folge dieser Bemerkungen scheint es mir noch viel nothwendiger zu seyn, die Oxalsäure nicht mehr von den anderen beiden Oxydationsstufen des Kohlenstoffs, der Kohlensäure und dem Kohlenoxyd, zu trennen *); sie könnte unter die Säuren mit 2 Aequivalenten Radical geordnet werden, und es käme ihr alsdann der Name *Unterkohlensäure* zu, analog mit Unterschwefelsäure, unterschwefliger Säure etc. Inzwischen ist es vielleicht besser, mit dieser Aenderung in der Nomenclatur noch zu warten.

*) Daſs dieſs schon längst geschehen sey, kann man aus Berzelius Lehrbuch der Chemie, 1825, Th. I. p. 534., ersehen. *P.*

VI. *Ueber Scheidung von Antimon und Zinn; von* Gay-Lussac.

(*Ann. de chim. et de phys. T. XLVI. p.* 222.)

Diese beiden Metalle haben so ähnliche Eigenschaften, daſs es bis jetzt nur sehr unvollständig gelang, das eine von dem anderen zu trennen. Die Reagentien, welche das Zinn niederschlagen oder auflösen, verhalten sich eben so zum Antimon. Zwar hat Hr. Chaudet ein Verfahren angegeben, um das Antimon, wenn es im Zinn enthalten ist, vermittelst der Chlorwasserstoffsäure zu entfernen *); allein dieses Verfahren erfordert, wenn das Antimon rein zurück bleiben soll, daſs die Legirung wenigstens zwanzig Mal mehr Zinn als Antimon enthalte, und diese Bedingung bringt in der Ausführung zugleich groſse Schwierigkeiten mit sich. Schon längst wandte ich mit Erfolg die Fällung des Antimons durch Zinn an, und da ich sehe, daſs dieses analytische Mittel noch von keinem Chemiker angegeben worden ist, und Hr. H. Rose in seiner analytischen Chemie kein anderes Verfahren, als das von Chaudet, angeben konnte, so halte ich eine Bekanntmachung desselben für nützlich.

Es wird vorausgesetzt, daſs die beiden Metalle in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst sind, und daſs man ihr Gewicht kennt. Wären sie mit einander legirt, so hätte man sie in Chlorwasserstoffsäure aufzulösen, indem man dieser allmälig kleine Mengen Salpetersäure zusetzte.

In die Auflösung der beiden Metalle, die einen Ueberschuſs von Chlorwasserstoffsäure enthält, stellt man ein Stück Zinn, welches sich bald mit Antimon, in Gestalt eines schwarzen Pulvers, bedeckt. In der Kälte würde die Fällung nicht vollständig seyn, oder wenigstens lange

*) *Annal. de Phys. T. III. p.* 376.

Digitized by Google

Zeit brauchen; allein beim Erwärmen in einem Dampfbad geht sie bald vollständig vor sich, vorausgesetzt, daſs man darauf achte, einen Ueberschuſs von Säure in der Flüssigkeit zu erhalten. Das Antimon wird hierauf vollständig ausgewaschen und auf dem Wasserbade getrocknet. Wären die beiden Metalle in Auflösung gegeben, so würde man eine Portion durch Zink fällen, um ihr Gewicht zu erfahren, und eine andere durch Zinn, um das Antimon zu erhalten.

VII. *Beschreibung des Pelokonit* *); *von G. F. Richter in Freiberg.*

Gestalten: nicht bekannt.
Ohne *Theilbarkeit.*
Bruch: muschlich.
Farbe: bläulichschwarz.
Strich: leberbraun.
Undurchsichtig.
Glanz: glasartig, schwach, fast matt.
Spröde, doch nicht sehr.
Härte: 3,0. [des Kalkspathes.]
Eig. Gew.: 2,509; und eine gröſsere Partie Bruchstücke: 2,567.

Der *Pelokonit* findet sich in der Tierra amarilla und den Remolinos bei Chili zugleich mit Kupfergrün, Malachit und einem andern unbekannten schwärzlichbraunen Minerale von gelbem Striche.

In den mineralogischen Handbüchern ist dieſs Mineral nicht aufgeführt. In der »Charakteristik des Mineralsystems, von Dr. A. Breithaupt« ist in der Anmerkung zum *Kupfermanganerze* eines Minerales von der

*) Von πελὸς, braun, und κόνις, Staub, Pulver des Strichs, wegen des Unterschiedes vom Kupfermanganerze.

Digitized by Google

Tierra amarilla, bei Chili, gedacht, welches jedoch nicht der *Pelokonit* seyn kann.

Der *Pelokonit* löst sich leicht in Salzsäure, schwieriger in Salpetersäure auf. Die salzsaure Auflösung hat eine pistaziengrüne Farbe, und reagirt auf Eisen, Mangan, Kupfer, Phosphorsäure.

Dieses Mineral stimmt übrigens in mehreren Eigenschaften mit denjenigen Körpern überein, welche Hr. Haidinger in eine Ordnung, die der »Terene,« zusammenstellt.

VIII. *Analyse eines neuen Minerals, gefunden im Paramo-Rico bei Pamplona (in Südamerika);* *von Hrn. J. B. Boussingault.*

(*Ann. de chim. et de phys. T. XLV. p.* 325.)

In einer kleinen Entfernung vom Dorfe *Montuosa-Baja*, in dem Paramo-Rico, 3800 Meter über dem Meere, findet man in einem zersetzten Syenit eine gelbe schwere Substanz, die, nach meiner Analyse, eine neue Mineralspecies auszumachen scheint.

Dieſs Mineral kommt in kleinen Concretionen vor, hat eine gelbe, in's Grüne fallende Farbe, und ein specifisches Gewicht $=6,00$, das des Wassers bei der Temperatur 24° C. als Einheit angenommen. Auf Kohle vor dem Löthrohr schmilzt es leicht zu einer Kugel von dunkler Farbe. Mit Soda erhält man leicht ein Bleikorn, wobei sich zugleich eine unschmelzbare Schlacke bildet. Durch einen neuen Zusatz von Soda zieht sich diese Schlacke in die Kohle, und wenn man dann die Kohle zerreibt und abschlemmt, erhält man ein graues, schweres, metallisches Pulver, welches wie regulinisches Mo-

lybdän aussieht. Dieſs bestätigt sich auch auf nassem Wege, da man dabei eine beträchtliche Menge Molybdänsäure erhält.

Dieſs Mineral löst sich mit Aufbrausen in Salpetersäure; und die Lösung wird vom salpetersauren Silberoxyd gefällt. Von Chlorwasserstoffsäure wird es schnell angegriffen; es bildet sich Chlorblei, und die Flüssigkeit nimmt eine grüne Farbe an; zugleich entwickelt sich ein sehr beträchtlicher Geruch nach Chlor.

Nachdem ich mich hiedurch versichert hatte, daſs das Mineral von Pamplona aus Blei bestehe, verbunden mit Molybdän-, Kohlen-, Chlorwasserstoff- und Chromsäure, schritt ich zu seiner Analyse, und zwar auf folgende Weise. 100 Gran des gepülverten Minerals wurden in anfangender Rothglühhitze geglüht. Es entwichen dabei 2,9 Grm. Kohlensäure.

Das geglühete Mineral wurde in Salpetersäure, verdünnt mit dem 6fachen Volumen Wasser, gelöst. Die Lösung war blaſsgelb, und es blieben 3,7 Grm. Quarz zurück.

Auf Zusatz von Schwefelsäure zu der salpetersauren Lösung fiel schwefelsaures Bleioxyd nieder, das, geglüht, 95,9 Grm. wog, entsprechend 76,6 Grm. Bleioxyd.

In die vom Blei befreite Flüssigkeit wurde salpetersaures Silberoxyd geschüttet, doch nur in sehr geringem Ueberschuſs. Es fiel Chlorsilber nieder, das 6,6 Grammen wog, entsprechend 1,3 Grm. Chlorwasserstoffsäure. Nachdem der Ueberschuſs des Silbers durch einige Tropfen Chlorwasserstoffsäure gefällt, und das Chlorsilber abfiltrirt worden, wurde Ammoniak hinzugesetzt, wodurch ein gallertartiger Niederschlag entstand, der nach dem Glühen 7,1 Grm. wog.

Dieser Niederschlag konnte Bleioxyd enthalten. Er wurde also mit siedender Chlorwasserstoffsäure behandelt. Es bildete sich Chlorblei, das man absonderte; dann wurde Alkohol zu der sauren Flüssigkeit gesetzt. Das Chlorblei wog 4,0 Grm., entsprechend 3,2 Grm. Oxyd,

Digitized by Google

Oxyd, so daſs die Gesammtmenge des Bleioxyds in dem Minerale 73,8 Grm. betrug. Die saure alkoholische Flüssigkeit wurde eingedampft und mit kaustischem Kali übersättigt, um die Thonerde zu lösen. Es blieben 1,7 Grm. Eisenoxyd zurück. Die alkalische Flüssigkeit mit Salpetersäure gesättigt, und darauf mit Ammoniak gefällt, gab Thonerde, die geglüht 2,2 Grm. wog.

Diese ammoniakalische Flüssigkeit, welche nur noch die Molybdän- und die Chromsäure enthalten muſste, wurde eingedampft, wobei sie eine dunkelgelbe Farbe annahm. Die Ammoniaksalze, gröſstentheils salpetersaures Ammoniak, verflogen, und es blieb ein pulverförmiger grünlichweiſser Rückstand, welcher ein Gemenge war von Molybdänsäure und Chromoxyd.

An den Wänden der Platinschale, in welcher die Ammoniaksalze verflüchtigt wurden, saſs eine klebrige, schmelzbare, ungemein saure Substanz, welche alle Kennzeichen der Phosphorsäure besaſs. Diese Säure wurde mittelst Alkohol fortgenommen, die Lösung mit Wasser verdünnt und der Alkohol durch Kochen fortgeschafft. Dann wurde sie mit Ammoniak gesättigt und durch salpetersauren Baryt gefällt, wodurch 4,0 Grm. phosphorsaurer Baryt erhalten wurden, in denen 1,3 Grm. Phosphorsäure enthalten seyn muſsten.

Das Gemenge von Molybdänsäure und Chromoxyd wurde mit kaustischem Kali behandelt. Das Gemenge wog 10,9 Grm.; nach der Behandlung mit Kali blieben 0,9 Grm. Chromoxyd, entsprechend 1,2 Grm. Chromsäure.

Zufolge dieser Analyse enthält das Mineral von Pamplona:

Digitized by Google

Bleioxyd	73,8
Molybdänoxyd	10,0
Kohlensäure	2,9
Chlorwasserstoffsäure	1,3
Phosphorsäure	1,3
Chromsäure	1,2
Eisenoxyd	1,7
Thonerde	2,2
Quarz	3,7
	98,1.

Nothwendig muſs man annehmen, daſs vom Bleioxyd verbunden sind:

14,6	mit der	Kohlensäure
5,3	- -	Chlorwasserstoffsäure
4,1	- -	Phosphorsäure
2,4	- -	Chromsäure
26,4		

wonach also 47,4 Bleioxyd mit der Molybdänsäure verbunden bleiben.

Im neutralen molybdänsauren Bleioxyd ($\dot{Pb}\dddot{Mo}$) würden 10 Molybdänsäure an Bleioxyd 15,2 aufnehmen. Hier sind aber die 10 Grm. Molybdänsäure mit fast der dreifachen Menge Bleioxyd verbunden. Das analysirte Mineral scheint also ein neues molybdänsaures Bleioxyd zu seyn, das drei Mal so viel Oxyd als das von Hatchett untersuchte neutrale Salz enthält. In dem molybdänsauren Bleioxyd von Pamplona ist der Sauerstoff der Säure genau gleich dem der Base; es ist also *molybdas triplumbicus*, und bekommt die Formel: $\dot{Pb}^3\dddot{Mo}$.

Man kann demnach das Mineral von Pamplona betrachten als bestehend aus:

Digitized by Google

Molybdänsaurem Bleioxyd ($\dot{P}b^3 \ddot{M}o$)	56,7
Kohlensaurem Bleioxyd	17,5
Chlorwasserstoffsaurem Bleioxyd	6,6
Phosphorsaurem Bleioxyd	5,4
Chromsaurem Bleioxyd	3,6
Ganggestein	7,6
Ueberschüssigem Bleioxyd	0,7
	98,1.

IX. *Ueber das Tellur-Wismuth von Schemnitz.*

Die Kenntniſs dieses Minerals, welches drei Meilen von Schemnitz, beim Dorfe Schoubkau, in der Nähe von Schernowitz, in einer Lettenkluft der Grünsteinformation vorgekommen, aber seit dem ersten Funde nicht wieder angetroffen ist *), verdanken wir dem Bergrath und Professor Wehrle in Schemnitz. Die erste Nachricht darüber hat derselbe in Schweigger's Journal, Bd. 59. S. 482., mitgetheilt, und eine ausführliche Untersuchung späterhin in der *Zeitschrift für Physik und Mathematik*, *Bd. IX. S.* 133. Ebendaselbst, S. 129., hat auch Hr. Haidinger die Krystallform und äuſsere Beschaffenheit des Minerals näher beschrieben, und zwar von Krystallen, die derselbe vom Prof. Anker bekommen hatte.

Nach dieser Beschreibung sind die Krystalle eine Combination eines scharfen Rhomboëders *f*, mit seinem

*) Nach Hrn. Partsch kommt es indeſs auch auf der Nazianzeni-Grube, im Gebirge Feritsel, unweit Pojana, im siebenbürgischen Golddistricte vor, eingesprengt in hornsteinartigem Quarze mit gediegenem Golde und goldhaltigem Schwefelkies. Auch vermuthet er, daſs das nach Born und Estner zu Kakova bei Rhimaszombath, im Gömorer Comitate, mit gediegenem Golde vorkommende sogenannte Wasserblei hieher gehöre.

Digitized by Google

nächst schärferen *m*, und der geraden Endfläche *o*, in welcher entweder die Flächen des einen oder des andern Rhomboëders vorherrschen (Taf. VI. Fig. 4. und 5.). Die Neigung der Flächen *f* unter sich in den Endkanten beträgt 66° 40′, und ihre Neigung gegen die gerade Endfläche 105° 15′; die der Flächen *m* in den Endkanten ist 63° 10′, und deren Neigung gegen die gerade Endfläche 97° 46′.

Die Flächen beider Rhomboëder sind horizontal gestreift, und da sie nur eine geringe Neigung gegen die Axe haben, ertheilen sie den Krystallen das Ansehen sechsseitiger Prismen. Die Krystalle, vorzüglich aber Fig. 5., kommen selten einzeln vor; gewöhnlich sind sie regelmäſsig mit einander verbunden, wie in Fig. 6. dargestellt ist. An jeder Fläche des Rhomboëders *f* von einem Individuum liegt eine Fläche *f* eines anderen, und zwar so, daſs die Endkante des nächst stumpferen Rhomboëders von *f* in je zwei Krystallen eine gleiche Lage hat, und die Zusammensetzungsfläche also senkrecht steht auf der Endkante des nächsten stumpferen Rhomboëders von *f*. Die zusammengesetzten Krystalle sind also nach demselben Gesetz gebildet, welches sich unter andern beim Rothgültigerze findet, wo sich ebenfalls die Zusammensetzung an allen drei Endkanten eines Rhomboëders zugleich zeigt. Da dieses Rhomboëder beim Rothgültigerz das Hauptrhomboëder ist, so nimmt Haidinger beim Tellur-Wismuth das Rhomboëder, nach dessen Endkanten die Zusammensetzungsebene gerichtet ist, zur Grundform an, obgleich dasselbe unter den beobachteten Formen nicht vorkommt. Die Neigung der Flächen dieses in den Endkanten würde $=81^\circ\ 2'$ seyn; und sein Zeichen also:

$$a : a : \infty a : c,$$

während *f* das Zeichen:

$$\infty a : \tfrac{1}{2} a : \tfrac{1}{2} a : c,$$

und *m* das:

Digitized by Google

$$\tfrac{1}{4}a : \tfrac{1}{4}a : \infty a : c$$

erhielte Nach dieser Zusammensetzung der Krystalle schlägt H. für das Mineral den Trivial-Namen *Tedradymit* vor, von τετϱάδιμος, vierfach, sonst nennt er es: *rhomboëdrischen Wismuthglanz.* Die Neigung von *o* gegen *o'* oder gegen *o''* des andern Individuums ist $=95^{\circ}$. Aus diesem Winkel, der jedoch nur annähernd hat gemessen werden können, sind die übrigen Winkel berechnet.

Das specifische Gewicht des Minerals beträgt, nach Prof. Baumgärtner, =7,514, nach Wehrle, bei Krystallen, die frei von hohlen Räumen sind, =7,500 bei 14° R.

Die Härte ist nach Haidinger =2,0, nach Wehrle =2,2 (der Mohs'schen Skale).

Die übrigen Eigenschaften sind nach Wehrle folgende:

Spaltbarkeit, ausgezeichnet parallel der Endfläche. *Bruch*, nicht wahrnehmbar; Bruchfläche, zart gestreift. *Farbe*, lichtbleigrau, auf frischen Spaltungsflächen stark in's Zinnweiſse fallend, oft eisenschwarz angelaufen. *Glanz*, vorzüglich auf den Spaltungsflächen stark und metallisch. In dünnen Blättchen ist es biegsam.

In einer geschlossenen Glasröhre erhitzt, verflüchtigt sich etwas Tellur in Gestalt eines weiſsen Dampfes, und in der Nähe der erhitzten Stelle condensiren sich kleine, metallisch glänzende Tropfen.

Vor dem Löthrohr, auf Kohle erhitzt, schmilzt es leicht, einen deutlichen Schwefel- und Selengeruch dabei verbreitend; zugleich entwickeln sich weiſse Dämpfe, welche die Kohle zunächst dem Korne gelb, von diesem entfernt aber weiſs beschlagen.

Die Löthrohrflamme wird blau gefärbt, und man erhält ein glänzendes Metallkorn, welches sich beim Erkalten mit einer röthlichen Haut überzieht, spröde ist, und im Bruche silberweiſs und körnig.

Digitized by Google

Salpetersäure löst das Mineral leicht, und mit Zurücklassung von Schwefel, dem nur bei unreinen Stükken Kieselerde beigemengt ist. Die Lösung giebt mit schwefligsaurem Ammoniak im Kurzen einen schwarzen Niederschlag. Mit Hydrothion-Ammoniak entsteht ein schwarzer Niederschlag, und wenn man diesen absondert, bringt ein Zusatz von Salzsäure einen andern schwarzen Niederschlag hervor, der in Hydrothion-Ammoniak löslich ist.

Hieraus geht hervor, daſs das Mineral aus Schwefel, Tellur und Wismuth, nebst Spuren von Selen, besteht.

Dieſs bestätigte sich auch durch eine quantitative Analyse. Zu dieser wurde das Mineral in Salpetersäure gelöst, und der Rückstand, aus Schwefel und etwas Kieselerde bestehend, durch Glühen zerlegt. Die saure Flüssigkeit wurde erst mit verdünnter Salpetersäure und dann mit salpetersaurem Baryt versetzt, der entstandene schwefelsaure Baryt abgesondert, geglüht, gewogen, und die in ihm enthaltene Menge Schwefel in Rechnung gezogen. Die übrige Flüssigkeit wurde erstlich, zur Abscheidung des überflüssigen Baryts, mit Schwefelsäure, dann mit reinem, und endlich mit schwefelwasserstoffsaurem Schwefelammoniak im Uebermaaſs versetzt und 24 Stunden lang digerirt. Das Schwefelwismuth wurde auf ein Filtrum gebracht, mit schwefelwasserstoffsaures Schwefelammoniak haltendem Wasser gewaschen, mit Salpetersäure bis zur vollständigen Zersetzung erhitzt, die Lösung nach Abscheidung des Schwefels mit kohlensaurem Ammoniak bei 80° R. gefällt und das ausgeschiedene Wismuthoxyd nach 12 Stunden abfiltrirt, dann getrocknet und im Platintiegel geglüht. Die hepatische Flüssigkeit wurde, bis sie sauer reagirte, mit Chlorwasserstoffsäure versetzt, das Schwefeltellur, nach dem Waschen, in concentrirter Chlorwasserstoffsäure gelöst, und aus der Lösung das Tellur durch schwefligsaures Ammoniak gefällt, wobei zur völligen Abscheidung des Tellurs die freie Säure vorsichtig mit reinem

Digitized by Google

Ammoniak gesättigt wurde. Das erhaltene Tellur wurde getrocknet und bis zum beginnenden Schmelzen erhitzt.

Auf diese fanden sich, nach Abzug von 0,4 Procent mechanisch eingemengter Kieselerde, in diesem Minerale:

Wismuth	59,84
Tellur	35,24
Schwefel	4,92

letzterem schon die Spur von Selen zugerechnet, dessen Menge nicht bestimmbar ist. Diese Zusammensetzung entspricht sehr nahe der Formel:

$$Bi\,S + Bi\,Te^2.$$

Die gröſste Aehnlichkeit hat dieses Mineral, nach dem beiderseitigen Urtheile der HH. Haidinger und Wehrle mit derjenigen Species, welche in Mohs's Grundriſs der Mineralogie, Bd. 2. S. 662., als eine jener Arten beschrieben ist, denen man in Ungarn gewöhnlich dem Namen *Molybdänsilber* beilegt. In chemischer Hinsicht kommt es, nach Hrn. W., auch ganz mit dem im genannten Werke, Bd. 2. S. 579,, beschriebenen *prismatischen Wismuthglanz* von Rezbanya überein; denn dieses zeigte bei einer Analyse (von der das Nähere nicht angegeben ist), sowohl in Quantität als in Qualität, ganz dieselben Bestandtheile, wie das Mineral von Schemnitz. Im specifischen Gewichte beider stimmen indeſs die Angaben nicht überein.

Verschieden von dem Schemnitzer Mineral ist das *Molybdänsilber von Deutsch-Pilsen* (Börseny) bei *Gran*, denn in diesem fand Hr. W., nach einem ähnlichen Verfahren wie vorhin, bei dem nur vor dem Zusatz der Barytlösung das Silber durch Chlorwasserstoffsäure gefällt wurde, auſser Spuren von Selen, folgende Bestandtheile:

Wismuth	61,15
Tellur	29,74
Silber	2,07
Schwefel	2,33

Digitized by Google

entsprechend der mineralogischen Formel:

$$BiS + Ag\,Te + Bi\,Te.$$

Da Hr. Berzelius in dem Molybdänsilber *Born's* weder Silber noch Schwefel fand, so vermuthet Hr. W., daſs zu Deutsch-Pilsen mehrere tellurhaltige Mineralien vorkommen *).

X. *Ueber die chemische Zusammensetzung des Brewsterits;*
von Hrn. Arthur Connel.

(Im Auszuge aus dem *Edinb. New. Philosoph. Journ. No.* 19. *p.* 35.)

Dieses Mineral wurde wegen seiner Krystallform zuerst von Brooke als eine eigene Species unterschieden und mit seinem gegenwärtigen Namen belegt **). Berzelius lieſs später eine von Brewster erhaltene Probe dieses Minerals durch Retzius analysiren ***), und stellte demgemäſs für dasselbe die mineralogische Formel auf:

*) Indeſs sagt Hr. Berzelius in Bd. I. S. 271. dieser Annal. bei Gelegenheit einer Notiz über das *Tellur-Wismuth* von *Riddarhyttan* daſs er darin *mehr* Schwefel wie in Born's Molybdänsilber gefunden habe, worin von ihm auſser dem Tellur auch eine kleine Menge Selen nachgewiesen sey. Uebrigens fand schon H. Rose in dem *Wismuthglanz von Deutsch-Pilsen*, der aus der Klaproth'schen Sammlung stammte, durch Löthrohrversuche: Tellur-Wismuth und Tellursilber, nebst Spuren von Selen und Antimon. (Gilb. Ann. Bd. 72. S. 190.) *P.*

**) *Edinb. Phil. Journ. Vol. VI. p.* 112. (Vergl. diese Ann. V (81) S. 161.

***) *Edinb. Journ. of Scienc. Vol. IV. p.* 316.

Digitized by Google

$$\frac{C}{N}S^3 + 4AS^3 + 8Aq.$$

welche gleichwerthig ist der chemischen:

$$3\left.\begin{matrix}\dot{Na}\\ \dot{Ca}\end{matrix}\right\}\dddot{Si} + 4\dddot{Al}\dddot{Si}^3 + 24\dot{H}$$

und, nach Berzelius's Atomgewichten, die Zusammensetzung giebt:

Kieselerde	57,285
Thonerde	17,011
Natron } Kalk }	7,764
Wasser	17,872
	99,932.

Schon früher hatte Hr. C. reine Krystalle des *Brewsterits* von *Strontian* in *Argyleshire* einer qualitativen Untersuchung unterworfen *), und dabei gefunden, daſs sie Strontian und Baryt enthalten, aber keine beträchtliche Menge Kalk und kein Alkali. Er schloſs daraus, daſs die von Berzelius gegebene Formel diesem Mineral, wenigstens dem von dem obigen Fundort, nicht zukomme, es sey denn, die Lehre von der Isomorphie gestatte noch eine Anwendung derselben. Um diesen Schluſs zu bewähren, stellte Hr. C. nun eine quantitative Analyse des Minerals an.

Die dazu angewandte Masse war theils derb, theils krystallisirt. Bevor er sie analysirte, legte er sie, zu Bruchstücken zerschlagen, in Wasser, das durch Salzsäure angesäuert worden, um die fremden Substanzen zu entfernen.

25,15 Gran des gröblich gepülverten Minerals verloren, im Platintiegel über Kohlenfeuer geglüht, 3,16 Gran oder 12,584 Procent Wasser.

48,34 Gran, sehr fein gepülvert, wurden über der Weingeistlampe mit dem dreifachen Gewichte eines von

*) *Edinb. New. Phil. Journ. No.* 16. *p.* 355.

Schwefelsäure ganz freien Gemenges von 5 Th. kohlensauren Kali's und 4 Th. kohlensauren Natrons geschmolzen, darauf mit Wasser übergossen und in verdünnter Salzsäure gelöst. Die auf gewöhnliche Weise abgeschiedene, geglühte und gewogene Kieselerde, löste sich bis auf einen kleinen Rückstand unzersetzten Minerals vollständig in siedender Kalilauge.

Aus der salzsauren Lösung fällte Ammoniak Thonerde nebst etwas Eisenoxyd und Kieselerde, die auf gewöhnliche Weise von einander geschieden wurden.

Die rückständige Flüssigkeit wurde eingedampft und noch heiſs mit kohlensaurem Ammoniak gefällt. Es entstand ein weiſser Niederschlag, welcher, nach dem Waschen, in Salpetersäure gelöst wurde. Bei Verdampfung dieser Lösung wurde ein Rückstand erhalten, der theils aus Krystallen, theils aus einer zerflieſslichen Masse bestand.

Alkohol löste nur die letztere und lieſs die Krystalle ungelöst. Die alkoholische Lösung gab, nach Verdünnung mit Wasser, auf Zusatz von kleesaurem Ammoniak, kleesauren Kalk, welcher sich beim Glühen, unter Zusatz von etwas kohlensaurem Ammoniak, in kohlensauren Kalk verwandelte.

Die vom Alkohol nicht gelöste Krystallmasse wurde durch's Glühen zersetzt, der Rückstand in verdünnter Salzsäure gelöst, und die Lösung, nachdem sie zur Trockne verdampft worden, um die Menge der in ihr enthaltenen Substanzen zu bestimmen, zum Krystallisiren hingestellt. Es schossen lange, prismatische und tafelförmige Krystalle an. Die ersteren lösten sich in heiſsem Alkohol, dem ein Paar Tropfen Salpetersäure zugesetzt waren, und ertheilten der Flamme eine rothe Farbe, waren also Chlorstrontium. Die in Alkohol unlöslichen Krystalle wurden geglüht und gewogen; sie färbten die Flamme grün, waren also Chlorbarium.

Es wurde noch ein anderer Versuch in ähnlicher

Digitized by Google

Weiſe angeſtellt, bloſs um die Menge des Baryts und Strontians zu beſtimmen, auch überzeugte ſich Hr. C. durch eine beſondere Unterſuchung, daſs dieſe Erden nicht mit Schwefelſäure verbunden ſeyen. Ferner ermittelte er durch die bekannten Methoden, daſs weder Phosphorſäure, noch Fluſssäure, noch Alkali in dem Minerale zugegen ſeyen.

Als Reſultat ſeiner Analyſen ergab ſich folgende Zuſammenſetzung:

Kieſelerde	53,666	
Thonerde	17,492	
Strontian	8,325	} 15,074
Baryt	6,749	
Kalk	1,346	
Eiſenoxyd	0,292	
Waſſer	12,584	
	100,454.	

welche Zuſammenſetzung, bis auf den Waſſergehalt, mit der Berzelius'ſchen Formel übereinſtimmen würde, wenn man ſie ſo ſchriebe:

$$\frac{Sr}{B} S^3 + 4\,AS^3 + 8\,Aq.$$

oder, da nahe 2 At. Strontian gegen 1 At. Baryt vorhanden ſind, durch drei multiplicirt, ſo:

$$2\,SrS^3 + BS^3 + 12\,AS^3 + 24\,Aq.$$

Da dieſe Formel aber 16,192 Procent Waſſer giebt, ſo hält Hr. C. dafür, daſs ſeiner eigenen Analyſe die folgende mineralogiſche Formel beſſer entſpreche:

$$\frac{Sr}{B} S^3 + 4\,AS^3 + 6\,Aq.$$

welche geben würde:

Digitized by Google

Kieselerde	54,58
Thonerde	17,543
Strontian, Baryt	14,717
Wasser	13,16
	100,000 *).

XI. *Ueber den Guano.*

In dem S. 336 dieses Bandes mitgetheilten Aufsatz über die Coprolithen wurde unter anderm gesagt, daſs es Gegenden in England gebe, wo eine Gebirgsschicht von meilenweiter Ausdehnung und ansehnlicher Mächtigkeit fast zum vierten Theil aus den kalkigen Ueberresten der Excremente urweltlicher Meeresbewohner bestehe. Diese Thatsache ist gewiſs erstaunlich, verliert indeſs alles Unglaubliche, wenn man sich des *Guano* erinnert, einer Substanz, deren excrementale Natur durch die chemische Analyse von Klaproth **), Fourcroy und Vauquelin ***) unzweifelhaft erwiesen ist, und die dennoch an den Küsten von Peru Lager von solchem Umfange bil-

*) Auf Veranlassung dieser Analyse hat Hr. Prof. Gustav Rose einige reine Krystalle von ächtem Brewsterit in Salzsäure gelöst, und die Lösung, nach Filtration und starker Verdünnung mit Wasser, mit Schwefelsäure versetzt. Es entstand dadurch sogleich ein reichlicher weiſser Niederschlag. Retzius scheint demnach wirklich keinen ächten Brewsterit analysirt zu haben. *P.*

**) Dessen *Beiträge*, Th. IV. S. 299. Nach K. besteht der Guano in 100 aus: 16 ammoniakhaltiger Harnsäure, 10 phosphorsaurem Kalk, 12,75 kleesaurem Kalk, 4 Kieselerde, 0,5 Kochsalz, 28 sandigen Beimengungen und 28,75 Wasser und verbrennlichen thierischen Ueberresten. Die französischen Chemiker fanden gar 25 Procent Harnsäure.

***) Gehlen's Journ. A. R. Bd. VI. S. 679.

Digitized by Google

det, daſs es beim Anblicke derselben Ueberwindung kostet, sie für das zu erklären, was sie nach Betrachtung aller Umstände nur alleinig seyn kann, nämlich: Mist der hier einst übernachtenden Seevögel.

Der Name *Huanu* (die Europäer verwechseln immer *Hua* mit *Gua*, und *u* mit *o*), sagt Hr. v. Humboldt, in Klaproth's Beiträgen a. a. O., bedeutet in der Inca-Sprache *Mist*, mit dem man düngt. Das Verbum düngen heiſst *huanunchani*. Die ursprünglichen Einwohner von Peru glauben alle, daſs der Guano Vogelmist sey; nur von den Spaniern bezweifeln es viele. Der Guano kommt nur an der Küste, und auf den Inseln und Klippen zwischen dem 13. und 21. Grade südlicher Breite vor, und er bildet hier 50 bis 60 Fuſs mächtige Lager, die man wie ocherartige Eisengruben bearbeitet. Nördlicher und südlicher findet er sich nicht, obgleich hier die Schaar der Cormorane, Flamingo's und Kraniche eben so zahlreich zu seyn scheint. Bei der Stadt *Arica* verbreitet die kleine *Isla di Guano* einen solch fürchterlichen Gestank, daſs die Schiffe sich deshalb nicht der Stadt ganz zu nähern wagen, wie schon Feuillé bemerkt. In Arica sind längs dem Ufer groſse Magazine gebaut, in denen der Guano aufbewahrt wird.

Wenn man bedenkt, daſs seit dem 12. und 13. Jahrhundert wenigstens schon die Gewohnheit herrscht, mit Guano zu düngen, daſs viele Millionen Cubikfuſs davon auf dem sandigen Theile von Peru verstreut worden sind (da die Möglichkeit des Ackerbaues längs der Seeküste bloſs auf diesem köstlichen Mittel beruht), wenn man bedenkt, daſs der Guano noch immer in gleicher Menge geliefert wird, ja daſs, nach den jetzigen Erfahrungen, die Vögel auf einer Insel in vielen Jahren nicht ein Paar Schiffsladungen hervorzubringen *scheinen*, so erstaunt man über die lange Reihe von Jahrhunderten, oder über die Menge von Vögeln, welche dazu gehörten, jene Guano-Schichten anzuhäufen. Daſs dennoch diese Massen nur

Digitized by Google

durch Vögel hervorgebracht wurden, geht noch aus der Bemerkung von Frezier hervor, daſs man in ihnen in groſser Tiefe Vogelfedern gefunden habe.

Unter der Regierung der Inkas wurde der Guano als ein wichtiger Gegenstand der Staatswirthschaft betrachtet. Es war bei Todesstrafe verboten, die jungen Vögel auf den Guano-Inseln zu tödten. Jede Insel hatte ihren Aufseher, jede war unter gewisse Provinzen vertheilt; denn von *Arica* bis *Chaucay*, auf 200 Seemeilen Länge, düngte man bloſs mit Guano *). Aus dieser Vorsorge wird begreiflich, wie der Guano so beträchtlich habe zunehmen können. Alle diese schöne Ordnung ist jetzt umgestürzt.

Hierin stimmt auch Hr. Mariano de Rivero überein, in einer spanisch geschriebenen Abhandlung, die ich indeſs leider nur aus dem kurzen Auszuge in Férussac's *Bulletin*, *Sect.* 1. *T. XI. p.* 84., kenne. Es heiſst hier: Die Spanier lieſsen die weisen Verordnungen der Inkas, welche die Erhaltung jenes köstlichen Düngers sicherten, in Vergessenheit gerathen. Heut zu Tage erkennen die Peruaner den groſsen Fehler, und sie sehen mit Besorgniſs dem Zeitpunkt entgegen, wo der Guano nicht mehr in hinreichender Menge für die Bedürfnisse des Ackerbaues angetroffen wird. In der That nimmt die Entdekkung neuer Lagen des braunen Guano, der von sehr alter Entstehung ist, von Tag zu Tag mehr ab, und die Erzeugung des noch jetzt gebildeten weiſsen Guano vermindert sich rasch, seitdem durch die Handelsfreiheit so viele Schiffe nach der Küste hingezogen, und die sonst daselbst übernachtenden Seevögel dadurch verscheucht werden.

Desungeachtet hat in den letzteren Zeiten die jährliche Ausbeute an braunem und weiſsem Guano noch 120 bis 130tausend Centner betragen, und es sind dafür in den Hä-

*) Bei Villacori düngten die alten Peruaner auch mit vom Meere ausgeworfenen Sardellen.

Digitized by Google

fen, von denen man ihn in's Innere verfährt, 180 bis 200 tausend schwere Piaster bezahlt worden.

Uebrigens ist noch zu bemerken, daſs Hr. Buckland für den *Guano* den Namen *Ornithocoprus* vorgeschlagen hat.

P.

XII. *Ueber eine Merkwürdigkeit in der Structur des Glauberits;* *von D. Brewster.*

(*Edinb. Journ. of Science, Vol. X. p.* 325. Im Auszuge.)

Zwei Glauberite, die Hr. Brewster von Hrn. Nicol erhalten hatte, und von diesem schon so zubereitet waren, daſs man im polarisirten Lichte das doppelte Ringsystem sehen konnte, zeigten folgende Merkwürdigkeit.

Wenn sie im polarisirten Lichte untersucht wurden, waren die Farben der Ringe auſserordentlich anomal, und vergebens suchte man die beiden Pole, wo sonst die Doppelbrechung und Polarisation verschwinden. Die Ursache dieser Unregelmäſsigkeit zeigte sich indeſs sogleich bei Anwendung von homogenem Lichte. Im rothen Lichte waren nämlich zwei resultirende Axen zu bemerken, deren Neigung gegen einander etwa 5° betrug. Diese Neigung nahm stufenweis ab, im orangefarbenen, gelben und grünen Lichte; und im violetten fielen die beiden Pole zusammen, so daſs das Ringsystem dasselbe war, wie bei einer einzigen Axe doppelter Brechung. Alle Axen waren übrigens negativ.

Diese Erscheinung, meint Hr. B., lasse sich erklären, wenn man, ähnlich wie schon früher von ihm für den Apophyllit geschehen sey *), drei gegen einan-

*) *Edinb. Transact. Vol. IX. p.* 317.

Digitized by Google

der senkrechte positive Axen annehme, von denen jede eine andere Dispersivkraft auf die einzelnen Farbenstrahlen ausübe. Nimmt man nämlich beim Glauberit an, die negative Axe *A*, welche derselbe zeigt, sey die resultirende aus zwei positiven rechtwinklig gegen einander geneigten Axen *B* und *C*, die in gleicher Weise auf das violette Licht wirken, so geht daraus eine einzige negative Axe für das violette Licht hervor, und wenn die Intensitäten der Wirkung desselben auf rothes Licht in dem Verhältniſs $cos.\, 2\frac{1}{2}^{\circ} : 1$ stehen, so nimmt die Intensität der schwächern für die zwischen den Roth und Violett liegenden Strahlen allmälig bis Null ab, und man kann daraus alle Erscheinungen der Doppelbrechung und Polarisation des Glauberits mit mathematischer Genauigkeit berechnen.

Digitized by Google

Sammlung einiger chemischen Tafeln.

Die folgenden Blätter enthalten:

1) Zuerst, als Grundlage aller übrigen Tafeln, die Atomgewichte der einfachen Körper nach den neuesten Bestimmungen. Verglichen mit der im Band XIV dieser Annalen mitgetheilten Tafel, sind berichtigt: die Atomgewichte vom Lithium und Mangan, neu hinzugekommen: die vom Thorium und Vanadin. Ueber letzteres findet man das Ausführliche im nächsten Hefte dieser Zeitschrift.

2) Von Seite 8. bis S. 11. eine Tafel über den Sauerstoffgehalt der Oxyde, welche angiebt, wie viel Sauerstoff in 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 Gewichtstheilen eines Oxyds enthalten ist.

3) Von S. 12. bis 15. eine Tafel über den Chlorgehalt der Chloride, gleichfalls berechnet für 1, 2, 3 . . . 8, 9 Gewichtstheilen dieser Verbindungen.

4) Von S. 16. bis S. 19. eine Tafel über den Schwefelgehalt der Schwefelverbindungen, ganz von ähnlicher Einrichtung.

Digitized by Google

5) Auf S. 20. eine Tafel, wodurch man erfährt, wie viel einer der in der zweiten Columne genannten Substanzen 1, 2, 3 ... 8, 9 Gewichtstheilen von einer in der ersten Kolumne aufgeführten entspricht.

6) Endlich auf S. 21. und 22. das Gewicht von 1, 2, 3 ... 8, 9 Litern oder 1000, 2000, 3000 ... 8000, 9000 Kubikcentimetern der hauptsächlichsten Gase, bei 0,76 Meter Barometerstand und 0° C. Temperatur, ausgedrückt in Grammen.

Diese Tafeln gewähren, mit gröſserer Bequemlichkeit als die Logarithmen-Tafeln, und mit unendlich gröſserer Genauigkeit als die logarithmischen Rechenstäbe und Rechenscheiben, den groſsen Nutzen, daſs sie die beschwerliche Multiplication auf eine einfache Addition zurückführen.

Will man z. B. wissen, wie viel Chlor in 43,75 Gewichtstheilen Chlorsilber enthalten ist, so sucht man in der Tafel III die Zeile für das Chlorsilber auf, und addirt aus dieser folgende Zahlen:

Aus Kolumne		
4.	(Das Komma um eine Decimalstelle zurückgerückt)	9,8680
3.	(Das Komma ungeändert)	0,74010
7.	(Das Komma um eine Decimalstelle vorgerückt)	0,17269
5.	(Das Komma um zwei Decimalstellen vorgerückt)	0,01233
43,75 Chlorsilber enthalten Chlor:		10,79312

Der Silbergehalt findet sich durch Subtraction der Zahl 10,79312 von 43,75.

Dieſs eine Beispiel wird hinreichend den Gebrauch der Tafeln II, III, IV erläutern.

Was Tafel V betrifft, so wird man deren Zweck, wenigstens von Zeile 1 bis Zeile 14, leicht begreifen, wenn man mit der Berzelius'schen Bezeichnungsweise bekannt ist, und dabei erwägt, daſs hier, wie auch schon in der Tafel II, aus typographischer Nothwendigkeit, die Sauerstoffatome bei den Oxyden nicht durch Punkte über

Digitized by Google

den Symbolen der Radicale, sondern durch den Buchstaben O, mit Beifügung der nöthigen Zahl, ausgedrückt worden sind. Die Tafel ist zunächst zum Gebrauche des Analytikers bestimmt, und sagt ihm, wie viel die von ihm im Laufe der Analyse erhaltene und hier unter der Ueberschrift: *Gegeben*, aufgeführte Substanz von der unter der Ueberschrift: *Gesucht*, genannten Verbindung enthalte. So z. B. findet er in Zeile 3: wie viel Kali durch Kalium-Platinchlorid angedeutet wird, in Zeile 10: wie viel Baryt einer gegebenen Menge Kieselfluorbarium entspricht, in Zeile 14: wie viel Talkerde der Rückstand vom Glühen der phosphorsauren Ammoniak-Talkerde einschlieſst.

Da der Mangangehalt einer Substanz gewöhnlich als Oxydul-Oxyd erhalten wird, so ist in den Zeilen 15, 16. 17 angegeben, wie viel Oxydul, Oxyd oder Superoxyd demselben entspricht. Zeile 18 giebt den Oxydulgehalt im schwefelsauren Manganoxydul.

Der Rest der Tafel bezieht sich auf das Eisen. Zeile 19 und 20 lehren den Eisen- und den Eisenoxydul-Gehalt in einer gegebenen Menge Eisenoxyd kennen.

Die fünf letzten Zeilen erleichtern die Rechnung bei quantitativer Scheidung eines Gemisches von Eisenoxyd und Eisenoxydul.

Gesetzt es sey ein solches Gemisch, das übrigens nicht nothwendig gewogen zu seyn braucht, in Wasserstoffgas reducirt, und die Menge des Eisens und des Wassers gewogen. Das Eisen wiege 300, das Wasser 132,66, worin, nach Tafel II, enthalten sind 117,92 Sauerstoff. Aus Zeile 21, Tafel V, findet man, daſs 300 Eisen, um Oxyd zu werden, 132,66 Sauerstoff aufnehmen. Von dieser Menge ziehe man die erhaltenen 117,92 ab; es bleiben 14,74 Sauerstoff. Nun lehrt die Zeile 22, wie viel Eisenoxydul dieser Sauerstoffmenge entspricht; man wird finden 129,48 Oxydul. Ist das Gemisch gewogen, so ist auch hiedurch die Menge des Eisenoxyds gegeben; hat man es nicht gewogen, so findet man das Eisenoxyd

auch durch seinen Sauerstoffgehalt, der beträgt =117,92 —2(14,74).

Wird ein Gemisch von Oxydul und Oxyd vollkommen oxydirt, so zeigt Zeile 22, wie viel für jeden Theil der Gewichtszunahme, die aus Sauerstoff besteht, Oxydul in dem Gemisch enthalten war.

Fällt man eine Lösung, die zugleich Oxyd und Oxydul enthält, durch Schwefelwasserstoffgas, so lehrt Zeile 23, wie viel Oxyd für jeden Gewichtstheil des niedergeschlagenen Schwefels in Rechnung zu bringen sey.

Digerirt man die Lösung eines solchen Gemisches in Chlorwasserstoffsäure, nach Berzelius neuster Angabe (diese Ann. Bd. XX. S. 541.) mit gepülvertem Silber, so ergiebt sich aus Zeile 24, wie viel Eisenoxyd durch jeden Gewichtstheil Chlor, den das Silber aufgenommen, angedeutet wird.

Setzt man endlich zu eben solcher Lösung eine Lösung von Goldchlorid, so giebt Zeile 25 an, wie viel Eisenoxydul einem jeden Gewichtstheil des reducirten Goldes entspricht.

Worauf diese Rechnungen beruhen, wird man bei einigem Nachdenken leicht aus den Formeln in der ersten und zweiten Columne ersehen.

Die Tafel V müfste, wenn sie allen Bedürfnissen des Analytikers abhelfen sollte, wenigstens bis auf das Vierfache ihres Volumens vergröfsert werden. Indefs wird sie in ihrer jetzigen Ausdehnung schon einigen Nutzen leisten, und wenigstens zeigen, wie eine solche ausführlichere Tafel einzurichten sey.

Den Gebrauch der Tafel VI wird man am besten aus einem Beispiele ersehen. Gesetzt man habe, wie Liebig und Wöhler, im Bd. XX. S. 399. dies. Ann., Cyanäther mit Kupferoxyd verbrannt, und dabei, nach Reduction auf 0° und $0^{m},76$ B., 120 Cubikcentimeter eines Gases erhalten, das dem Raume nach zu 4 Th. aus Kohlensäure und zu 1 Theil aus Stickgas bestehe. Die

Digitized by Google

Frage ist: Wie viel Cyan und wie viel Kohlenstoff auſser dem Cyan in dem Cyanäther vorhanden war. Zieht man die Tafel im Bd. XVII S. 529 dieser Annalen zu Rathe, so findet man, daſs in einem Volume Kohlensäure enthalten ist $\frac{1}{2}$ Vol. Kohle und in einem Volume Cyan enthalten sind 1 Vol. Stickgas und 1 Vol. Kohle. 24 Cubikcentimeter Stickgas, die gefunden wurden, entsprechen demnach 24 C. C. Cyan, und nach der Tafel VI wiegen diese: 0,056706 Grm. In 24 C. C. Cyan sind ferner 24 C. C. Kohle, die 48 C. C. Kohlensäure entsprechen; diese von den gesammten 96 C. C. der gefundenen Kohlensäure abgezogen, bleiben 48 C. C. übrig, also 24 C. C. für die nicht mit dem Stickstoff verbunden gewesene Kohle. Das Gewicht dieser 24 C. C. Kohle, aus der Taf. VI genommen, ist =0,0262764 Grm.

Bekanntlich kann der Cyanäther angesehen werden als bestehend entweder aus Cyanursäure und Alkohol, oder aus Cyanursäure, Aether und Wasser. Man kann daher fragen: Wie viel Alkohol oder Aether jene 24 C. C. Kohle andeuten. Aus der Tafel in Bd. XVII dies. Ann. ersieht man, daſs 1 Vol. Alkohol enthält: 1 Vol. ölbildendes Gas, und 1 Vol. Aether enthält: 2 Vol. ölbildendes Gas, ferner, daſs in 1 Vol. ölbildendem Gas enthalten ist: 1 Vol. Kohle. Ein Vol. Alkohol enthält demnach 1 Vol. Kohle, ein Vol. Aether dagegen 2 Vol. Kohle.

24 C. C. Kohle entsprechen also 24 C. C. Alkohol, und das Gewicht derselben, aus der Tafel VI genommen, wird man finden =0,04990008 Grm.

24 C. C. Kohle entsprechen ferner 12 C. C. Aether, und diese wiegen, wie sich aus Tafel VI ergiebt, =0,04023336 Grm.

(*P.*)

Digitized by Google

Atomengewichte.

Unzerlegte Körper.	Symbol.	O=100.	Unzerlegte Körp.	Symbol.	O=100.	Unzerlegte Körper.	Symbol.	O=100.
Aluminium	Al	171,167	Calcium	Ca	256,019	Kalium	K	489,916
	~~Al~~	342,334		~~Ca~~	512,038		~~K~~	979,832
Antimon	Sb	806,452	Cer	Ce	574,718	Kiesel	Si	277,478
	~~Sb~~	1612,904		~~Ce~~	1149,436		~~Si~~	554,956
Arsenik	As	470,042	Chlor	Cl	221,325	Kobalt	Co	368,991
	~~As~~	940,084		~~Cl~~	442,650		~~Co~~	737,982
Barium	Ba	856,880	Chrom	Cr	351,819	Kohle	C	76,437
	~~Ba~~	1713,760		~~Cr~~	703,638		~~C~~	152,875
Beryllium	Be	331,479	Eisen	Fe	339,213	Kupfer	Cu	395,695
	~~Be~~	662,958		~~Fe~~	678,426		~~Cu~~	791,390
Blei	Pb	1294,498	Fluor	F	116,900	Lithium	L	81,320
	~~Pb~~	2588,996		~~F~~	233,800		~~L~~	162,640
Bor	B	135,983	Gold	Au	1243,013	Magnesium	Mg	158,353
	~~B~~	271,966		~~Au~~	2486,026		~~Mg~~	316,706
Brom	Br	489,150	Jod	J	789,145	Mangan	Mn	345,900
	~~Br~~	978,300		~~J~~	1578,290		~~Mn~~	691,800
Cadmium	Cd	696,767	Iridium	Jr	1233,260	Molybdän	Mo	598,525
	~~Cd~~	1393,534		~~Jr~~	2466,520		~~Mo~~	1197,050

Digitized by Google

Atomengewichte.

Unzerlegte Körper.	Symbol.	O=100.	Unzerlegte Körp.	Symbol.	O=100.	Unzerlegte Körper.	Symbol.	O=100.
Natrium	Na	290,897	Schwefel	S	201,165	Uran	U	2711,360
	~~Na~~	581,794		~~S~~	402,330		~~U~~	5422,720
Nickel	Ni	369,675	Selen	Se	494,582	Vanadin	V	855,840
	~~Ni~~	739,350		~~Se~~	989,164		~~V~~	1711,680
Osmium	Os	1244,210	Silber	Ag	1351,607	Wasserstoff	H	6,2398
	~~Os~~	2488,420		~~Ag~~	2703,214		~~H~~	12,4796
Palladium	Pd	665,840	Stickstoff	N	88,518	Wismuth	Bi	1330,376
	~~Pd~~	1331,680		~~N~~	177,036		~~Bi~~	2660,752
Phosphor	P	196,155	Strontium	Sr	547,285	Wolfram	W	1183,200
	~~P~~	392,310		~~Sr~~	1094,570		~~W~~	2366,400
Platin	Pt	1233,260	Tantal	Ta	1153,715	Yttrium	Y	401,840
	~~Pt~~	2466,520		~~Ta~~	2307,430		~~Y~~	803,680
Quecksilber	Hg	1265,822	Tellur	Te	806,452	Zink	Zn	403,226
	~~Hg~~	2531,644		~~Te~~	1612,904		~~Zn~~	806,452
Rhodium	R	651,400	Thorium	Th	744,900	Zinn	Sn	735,294
	~~R~~	1302,800		~~Th~~	1489,800		~~Sn~~	1470,588
Sauerstoff	O	100,000	Titan	Ti	303,686	Zirkon	Zr	420,238
	~~O~~	200,000		~~Ti~~	607,372		~~Zr~~	840,476

Digitized by Google

Tafel II.

Sauerstoffgehalt der Oxyde.

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Aluminium	$Al O^3$	0,46705	0,93409	1,40114	1,86819	2,33524	2,80228	3,26933	3,73638	4,20342
Antimon	$Sb O^3$	0,15683	0,31366	0,47049	0,62732	0,78415	0,94098	1,09781	1,25464	1,41147
	$Sb O^4$	0,19872	0,39743	0,59615	0,79487	0,99359	1,19230	1,39102	1,58974	1,78845
	$Sb O^5$	0,23664	0,47328	0,70992	0,94656	1,18320	1,41984	1,65648	1,89312	2,12976
Arsenik	$As O^3$	0,24192	0,48384	0,72576	0,96768	1,20960	1,45151	1,69343	1,93535	2,17727
	$As O^5$	0,34720	0,69440	1,04161	1,38881	1,73601	2,08321	2,43041	2,77762	3,12482
Barium	$Ba O$	0,10451	0,20901	0,31352	0,41802	0,52253	0,62704	0,73154	0,83605	0,94055
Beryllium	$Be O^3$	0,31154	0,62308	0,93462	1,24616	1,55770	1,86924	2,18078	2,49232	2,80386
Blei	$Pb O$	0,07171	0,14342	0,21513	0,28684	0,35855	0,43026	0,50197	0,57368	0,64539
	$Pb O^3$	0,10384	0,20768	0,31153	0,41537	0,51921	0,62305	0,72689	0,83074	0,93458
	$Pb O^2$	0,13382	0,26765	0,40147	0,53530	0,66912	0,80294	0,93677	1,07059	1,20442
Bor	$B\ O^6$	0,68810	1,37620	2,06430	2,75240	3,44050	4,12860	4,81670	5,50480	6,19290
Brom	$Br O^5$	0,33823	0,67645	1,01468	1,35290	1,69113	2,02936	2,36758	2,70581	3,04403
Cadmium	$Cd O$	0,12551	0,25101	0,37652	0,50203	0,62754	0,75304	0,87855	1,00406	1,12956
Calcium	$Ca O$	0,28089	0,56177	0,84265	1,12354	1,40442	1,68530	1,96619	2,24707	2,52796
Cer	$Ce O$	0,14821	0,29642	0,44463	0,59284	0,74105	0,88926	1,03747	1,18568	1,33389
	$Ce O^3$	0,20698	0,41395	0,62093	0,82791	1,03489	1,24186	1,44884	1,65582	1,86279
Chlor	$Cl O$	0,18428	0,36856	0,55284	0,73712	0,92141	1,10569	1,28997	1,47425	1,65853
	$Cl O^3$	0,40396	0,80792	1,21188	1,61584	2,01980	2,42375	2,82771	3,23167	3,63563
	$Cl O^5$	0,53042	1,06084	1,59126	2,12168	2,65210	3,18251	3,71293	4,24335	4,77377
	$Cl O^7$	0,61261	1,22522	1,83783	2,45044	3,06306	3,67567	4,28828	4,90089	5,51350
Chrom	$Cr O^3$	0,29891	0,59783	0,89674	1,19565	1,49457	1,79348	2,09239	2,39130	2,69022
	$Cr O^3$	0,46025	0,92050	1,38075	1,84100	2,30126	2,76151	3,22176	3,68201	4,14226
Eisen	$Fe O^2$	0,22768	0,45536	0,68304	0,91072	1,13840	1,36608	1,59376	1,82144	2,04912
	$Fe O^3$	0,30662	0,61323	0,91985	1,22646	1,53308	1,83969	2,14631	2,45292	2,75954

Digitized by Google

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Gold	Au O	0,03867	0,07734	0,11601	0,15468	0,19335	0,23201	0,27068	0,30935	0,34802
	Au O^3	0,10768	0,21536	0,32304	0,43072	0,53840	0,64608	0,75376	0,86144	0,96912
Jod	J O^2	0,11247	0,22494	0,33740	0,44987	0,56234	0,67481	0,78728	0,89974	1,01221
	J O^5	0,24058	0,48116	0,72175	0,96233	1,20291	1,44349	1,68407	1,92466	2,16524
Iridium	Jr O	0,07500	0,15001	0,22501	0,30002	0,37502	0,45002	0,52503	0,60003	0,67504
	Jr O^3	0,10844	0,21688	0,32532	0,43376	0,54220	0,65064	0,75908	0,86752	0,97596
	Jr O^2	0,13954	0,27908	0,41863	0,55817	0,69771	0,83725	0,97679	1,11634	1,25588
	Jr O^3	0,19566	0,39132	0,58699	0,78265	0,97831	1,17397	1,36963	1,56530	1,76096
Kalium	K O	0,16952	0,33903	0,50855	0,67806	0,84758	1,01710	1,18661	1,35613	1,52564
Kiesel	Si O^3	0,51950	1,03900	1,55850	2,07800	2,59750	3,11700	3,63650	4,15600	4,67500
Kobalt	Co O	0,21322	0,42645	0,63967	0,85290	1,06612	1,27934	1,49257	1,70579	1,91902
	Co O^3	0,28902	0,57804	0,86707	1,15609	1,44511	1,73413	2,02315	2,31218	2,60120
Kohle	C O	0,56677	1,13355	1,70032	2,26710	2,83387	3,40064	3,96742	4,53419	5,10097
	C O^2	0,72349	1,44698	2,17048	2,89397	3,61746	4,34095	5,06444	5,78794	6,51143
Kupfer	Cu O	0,11218	0,22437	0,33655	0,44874	0,56092	0,67310	0,78529	0,89747	1,00966
	Cu O	0,20174	0,40347	0,60521	0,80695	1,00869	1,21042	1,41216	1,61390	1,81563
Lithium	L O	0,55150	1,10300	1,65450	2,20600	2,75750	3,30900	3,86050	4,41200	4,96350
Magnium	Mg O	0,38707	0,77413	1,16120	1,54827	1,93534	2,32240	2,70947	3,09654	3,48360
Mangan	Mn O	0,22427	0,44853	0,67280	0,89706	1,12133	1,34560	1,56986	1,79413	2,01839
	Mn O^3	0,30248	0,60496	0,90744	1,20992	1,51240	1,81488	2,11736	2,41984	2,72232
	Mn O^2	0,36637	0,73273	1,09910	1,46547	1,83184	2,19820	2,56457	2,93094	3,29730
	Mn O^3	0,46447	0,92894	1,39340	1,85787	2,32234	2,78681	3,25128	3,71574	4,18021
	Mn O^7	0,50295	1,00589	1,50884	2,01178	2,51473	3,01768	3,52062	4,02357	4,52651
Molybdän	Mo O	0,14316	0,28632	0,42948	0,57264	0,71580	0,85895	1,00211	1,14527	1,28843
	Mo O^2	0,25046	0,50092	0,75139	1,00185	1,25231	1,50277	1,75323	2,00370	2,25416
	Mo O^3	0,33388	0,66776	1,00164	1,33552	1,66941	2,00329	2,33717	2,67105	3,00493

Digitized by Google

Tafel II.

Sauerstoffgehalt der Oxyde.

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Natrium	Na O	0,25582	0,51164	0,76747	1,02329	1,27911	1,53493	1,79075	2,04658	2,30240
Nickel	Ni O	0,21291	0,42583	0,63874	0,85165	1,06457	1,27748	1,49039	1,70330	1,91622
Osmium	Os O	0,07439	0,14879	0,22318	0,29757	0,37197	0,44636	0,52075	0,59514	0,66954
	$Os^2 O^3$	0,10759	0,21518	0,32276	0,43035	0,53794	0,64553	0,75312	0,86070	0,96829
	$Os O^2$	0,13848	0,27697	0,41545	0,55394	0,69242	0,83090	0,96939	1,10787	1,24636
	$Os O^3$	0,19427	0,38855	0,58282	0,77710	0,97137	1,16564	1,35992	1,55419	1,74847
	$Os O^4$	0,24328	0,48656	0,72983	0,97311	1,21639	1,45967	1,70295	1,94622	2,18950
Palladium	Pd O	0,13058	0,26115	0,39173	0,52230	0,65288	0,78346	0,91403	1,04461	1,17518
	$Pd O^2$	0,23099	0,46198	0,69297	0,92396	1,15495	1,38594	1,61693	1,84792	2,07891
Phosphor	P O	0,20312	0,40625	0,60937	0,81250	1,01562	1,21874	1,42187	1,62499	1,82812
	$P O^3$	0,43333	0,86666	1,30000	1,73333	2,16666	2,59999	3,03332	3,46666	3,89999
	$P O^5$	0,56034	1,12069	1,68103	2,24137	2,80172	3,36206	3,92240	4,48274	5,04309
Platin	Pt O	0,07500	0,15001	0,22501	0,30002	0,37502	0,45002	0,52503	0,60003	0,67504
	$Pt O^2$	0,13954	0,27908	0,41863	0,55817	0,69771	0,83725	0,97679	1,11634	1,25588
Quecksilber	Hg O	0,03800	0,07600	0,11400	0,15200	0,19000	0,22799	0,26599	0,30399	0,34199
	Hg O	0,07322	0,14643	0,21965	0,29286	0,36608	0,43930	0,51251	0,58573	0,65894
Rhodium	R O	0,13309	0,26617	0,39926	0,53234	0,66543	0,79851	0,93160	1,06468	1,19777
	$R O^3$	0,18717	0,37435	0,56152	0,74869	0,93587	1,12304	1,31021	1,49738	1,68456
Schwefel	$S O^2$	0,33204	0,66409	0,99613	1,32818	1,66022	1,99226	2,32431	2,65635	2,98840
	$S O^2$	0,49855	0,99710	1,49564	1,99419	2,49274	2,99129	3,48984	3,98838	4,48693
	$S O^5$	0,55412	1,10824	1,66236	2,21648	2,77061	3,32473	3,87885	4,43297	4,98709
	$S O^3$	0,59861	1,19721	1,79582	2,39442	2,99303	3,59163	4,19024	4,78884	5,38745
Selen	$Se O^2$	0,28794	0,57589	0,86383	1,15177	1,43972	1,72766	2,01560	2,30354	2,59149
	$Se O^3$	0,37756	0,75511	1,13267	1,51023	1,88779	2,26534	2,64290	3,02046	3,39801

Digitized by Google

Tafel II.

Sauerstoffgehalt der Oxyde.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Silber Ag O	0,06889	0,13778	0,20667	0,27556	0,34445	0,41333	0,48222	0,55111	0,62000
Stickstoff N̶ O	0,36096	0,72193	1,08289	1,44386	1,80482	2,16578	2,52675	2,88771	3,24868
N̶ O^2	0,53045	1,06091	1,59136	2,12181	2,65227	3,18272	3,71317	4,24362	4,77408
N̶ O^3	0,62888	1,25777	1,88665	2,51553	3,14442	3,77330	4,40218	5,03106	5,65995
N̶ O^5	0,73851	1,47703	2,21554	2,95405	3,69257	4,43108	5,16959	5,90810	6,64662
Strontium Sr O	0,15449	0,30898	0,46347	0,61796	0,77245	0,92694	1,08143	1,23592	1,39041
Tantal T̶a O^2	0,07976	0,15953	0,23929	0,31905	0,39882	0,47858	0,55834	0,63810	0,71787
T̶a O^3	0,11506	0,23011	0,34517	0,46022	0,57528	0,69034	0,80539	0,92045	1,03550
Tellur Te O^2	0,19872	0,39744	0,59615	0,79487	0,99359	1,19231	1,39103	1,59874	1,78846
Thorium Th O	0,11836	0,23671	0;35507	0,47343	0,59179	0,71014	0,82850	0,94686	1,06521
Titan Ti O^2	0,39707	0,79415	1,19122	1,58829	1,98537	2,38244	2,77951	3,17658	3,57366
Uran U O	0,03557	0,07114	0,10671	0,14228	0,17785	0,21342	0,24899	0,28456	0,32013
U̶ O^3	0,05242	0,10485	0,15727	0,20969	0,26212	0,31454	0,36696	0,41938	0,47181
Vanadin V O	0,10462	0,20924	0,31386	0,41848	0,52310	0,62772	0,73234	0,83696	0,94158
V O^2	0,18942	0,37884	0,56826	0,75768	0,94710	1,13652	1,32594	1,51536	1,70478
V O^3	0,25955	0,51910	0,77865	1,03820	1,29775	1,55730	1,81685	2,07640	2,33595
Wasserstoff H̶ O	0,88889	1,77778	2,66666	3,55555	4,44444	5,33333	6,22222	7,11110	7,99999
Wismuth B̶i O^3	0,10133	0,20265	0,30398	0,40530	0,50663	0,60796	0,70928	0,81061	0,91193
Wolfram W O^2	0,14459	0,28918	0,43378	0,57837	0,72296	0,86755	1,01214	1,15674	1,30123
W O^3	0,20227	0,40453	0,60680	0,80906	1,01133	1,21359	1,41586	1,61812	1,82039
Yttrium Y O	0,19927	0,39853	0,59780	0,79707	0,99634	1,19560	1,39487	1,59414	1,79340
Zink Zn O	0,19872	0,39744	0,59615	0,79487	0,99359	1,19231	1,39103	1,58974	1,78846
Zinn Sn O	0,11972	0,23944	0,35915	0,47887	0,59859	0,71831	0,83803	0,95774	1,07746
Sn O^2	0,21384	0,42767	0,64151	0,85534	1,06918	1,28302	1,49685	1,71069	1,92453
Zirkon Zr O^3	0,26305	0,52610	0,78914	1,05219	1,31524	1,57829	1,83934	2,10238	2,36543

Digitized by Google

Tafel III. **Chlorgehalt der Chloride.**

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Aluminium	Al Cl^3	0,79504	1,59008	2,38512	3,18016	3,97520	4,77024	5,56528	6,36032	7,15536
Antimon	Sb Cl^3	0,45155	0,90310	1,35465	1,80620	2,25775	2,70930	3,16085	3,61240	4,06395
	Sb Cl^4	0,52330	1,04660	1,56990	2,09320	2,61650	3,13980	3,66310	4,18640	4,70970
	Sb Cl^5	0,57845	1,15690	1,73535	2,31380	2,89225	3,47070	4,04915	4,62760	5,20605
Arsenik	As Cl^3	0,58551	1,17102	1,75653	2,34204	2,92755	3,51306	4,09857	4,68408	5,26959
	As Cl^5	0,70188	1,40376	2,10564	2,80752	3,50940	4,21128	4,91316	5,61504	6,31692
Baryum	Ba Cl	0,34062	0,68124	1,02186	1,36248	1,70310	2,04372	2,38434	2,72496	3,06558
Beryllium	Be Cl^3	0,66701	1,33402	2,00103	2,66804	3,33505	4,00206	4,66907	5,33608	6,00309
Blei	Pb Cl	0,25481	0,50962	0,76443	1,01924	1,27405	1,52886	1,78367	2,03848	2,29329
Bor	B Cl^3	0,90711	1,81422	2,72133	3,62844	4,53555	5,44266	6,34977	7,25688	8,16399
Brom	Br Cl^5	0,69188	1,38376	2,07564	2,76752	3,45940	4,15128	4,84316	5,53504	6,22692
Cadmium	Cd Cl	0,38849	0,77698	1,16547	1,55396	1,94245	2,33094	2,71943	3,10792	3,49641
Calcium	Ca Cl	0,63356	1,26712	1,90068	2,53424	3,16780	3,80136	4,43492	5,06848	5,70204
Cer	Ce Cl^2	0,43509	0,87018	1,30527	1,74036	2,17545	2,61054	3,04563	3,48072	3,91581
	Ce Cl^3	0,53603	1,07206	1,60809	2,14412	2,68015	3,21618	3,75221	4,28824	4,82427
Chrom	Cr Cl^3	0,65365	1,30730	1,96095	2,61460	3,26825	3,92190	4,57555	5,22920	5,88285
	Cr Cl^3	0,79056	1,58112	2,37168	3,16224	3,95280	4,74336	5,53392	6,32448	7,11504
Eisen	Fe Cl^2	0,56615	1,13230	1,69845	2,26460	2,83075	3,39690	3,96305	4,52920	5,09535
	Fe Cl^3	0,66187	1,32374	1,98561	2,64748	3,30935	3,97122	4,63309	5,29496	5,95683
Gold	Au Cl	0,15114	0,30228	0,45342	0,60456	0,75570	0,90684	1,05798	1,20912	1,36026
	Au Cl^3	0,34818	0,69636	1,04454	1,39272	1,74090	2,08908	2,43726	2,78544	3,13362
Jod	J Cl^5	0,58373	1,16746	1,75119	2,33492	2,91865	3,50238	4,08611	4,66984	5,25357

Digitized by Google

Tafel III.

Chlorgehalt der Chloride.

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Iridium	Jr Cl^2	0,26413	0,52826	0,79239	1,05652	1,32065	1,58478	1,84891	2,11304	2,37717
	Jr Cl^3	0,34997	0,69994	1,04991	1,39988	1,74985	2,09982	2,44979	2,79976	3,14973
	Jr Cl^4	0,41788	0,83576	1,25364	1,67152	2,08940	2,50728	2,92516	3,34304	3,76092
	Jr Cl^6	0,51849	1,03698	1,55547	2,07396	2,59245	3,11094	3,62943	4,14792	4,66641
Kalium	K Ꞓl	0,47466	0,94932	1,42398	1,89864	2,37330	2,84796	3,32262	3,79728	4,27194
Kiesel	Si $Ꞓl^3$	0,82716	1,65432	2,48148	3,30864	4,13580	4,96296	5,79012	6,61728	7,44444
Kobalt	Co Ꞓl	0,54538	1,09076	1,63614	2,18152	2,72690	3,27228	3,81766	4,36304	4,90842
Kohle	C Cl	0,74330	1,48660	2,22990	2,97320	3,71650	4,45980	5,20310	5,94640	6,68970
	C Cl^2	0,85275	1,70550	2,55825	3,41100	4,26375	5,11650	5,96925	6,82200	7,67475
	C Cl^3	0,89676	1,79352	2,69028	3,58704	4,48380	5,38056	6,27732	7,17408	8,07084
Kupfer	Cu Cl	0,35870	0,71740	1,07610	1,43480	1,79350	2,15220	2,51090	2,86960	3,22830
	Cu Cl^2	0,52801	1,05602	1,58403	2,11204	2,64005	3,16806	3,69607	4,22408	4,75209
Lithium	L Ꞓl	0,84480	1,68960	2,53440	3,37920	4,22400	5,06880	5,91360	6,75840	7,60320
Magnium	Mg Ꞓl	0,73652	1,47304	2,20956	2,94608	3,68260	4,41912	5,15564	5,89216	6,62868
Mangan	Mn Cl^2	0,56135	1,12270	1,68405	2,24540	2,80675	3,36810	3,92945	4,49080	5,05215
	Mn Cl^3	0,65748	1,31496	1,97244	2,62992	3,28740	3,94488	4,60236	5,25984	5,91732
	Mn Cl^6	0,79335	1,58670	2,38005	3,17340	3,96675	4,76010	5,55345	6,34680	7,14015
Molybdän	Mo Ꞓl	0,42515	0,85030	1,27545	1,70060	2,12575	2,55090	2,97605	3,40120	3,82635
	Mo $Ꞓl^2$	0,59664	1,19328	1,78992	2,38656	2,98320	3,57984	4,17648	4,77312	5,36976
	Mo $Ꞓl^3$	0,68932	1,37864	2,06796	2,75728	3,44660	4,13592	4,82524	5,51456	6,20388
Natrium	Na Ꞓl	0,60344	1,20688	1,81032	2,41376	3,01720	3,62064	4,22408	4,82752	5,43096
Nickel	Ni Ꞓl	0,54492	1,08984	1,63476	2,17968	2,72460	3,26952	3,81444	4,35936	4,90428

Digitized by Google

Tafel III. **Chlorgehalt der Chloride.**

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Osmium	Os Cl²	0,26241	0,52481	0,78723	1,04964	1,31205	1,57446	1,83687	2,09928	2,36169
	Os Cl³	0,34796	0,69592	1,04388	1,39184	1,73980	2,08776	2,43572	2,78368	3,13164
	Os Cl⁴	0,41573	0,83146	1,24719	1,66292	2,07865	2,49438	2,91011	3,32584	3,74157
	Os Cl⁶	0,51628	1,03256	1,54884	2,06512	2,58140	3,09768	3,61396	4,13024	4,64652
Palladium	Pa Cl	0,39933	0,79866	1,19799	1,59732	1,99665	2,39598	2,79531	3,19464	3,59397
	Pd Cl²	0,57074	1,14148	1,71222	2,28296	2,85370	3,42444	3,99518	4,56592	5,13666
Phosphor	P Cl³	0,77195	1,54390	2,31585	3,08780	3,85975	4,63170	5,40365	6,17560	6,94755
	P Cl⁵	0,84943	1,69886	2,54829	3,39772	4,24715	5,09658	5,94601	6,79544	7,64487
Platin	Pt Cl	0,26413	0,52826	0,79239	1,05652	1,32065	1,58478	1,84891	2,11304	2,37717
	Pt Cl²	0,41788	0,83576	1,25364	1,67152	2,08940	2,50728	2,92516	3,34304	3,76092
Quecksilber	Hg Cl	0,14883	0,29766	0,44649	0,59532	0,74415	0,89298	1,04181	1,19064	1,33947
	Hg Cl	0,25909	0,51818	0,77727	1,03636	1,29545	1,55454	1,81363	2,07272	2,33181
Rhodium	R Cl²	0,40460	0,80920	1,21380	1,61840	2,02300	2,42760	2,83220	3,23680	3,64140
	R Cl³	0,50478	1,00956	1,51434	2,01912	2,52390	3,02868	3,53346	4,03824	4,54302
Schwefel	S Cl	0,52386	1,04772	1,57158	2,09544	2,61930	3,14316	3,66702	4,19088	4,71474
Selen	Se Cl	0,30915	0,61830	0,92745	1,23660	1,54575	1,85490	2,16405	2,47320	2,78235
	Se Cl⁴	0,64158	1,28316	1,92474	2,56632	3,20790	3,84948	4,49106	5,13264	5,77422

Digitized by Google

Tafel III.

Chlorgehalt der Chloride.

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Silber	Ag Cl^2	0,24670	0,49340	0,74010	0,98680	1,23350	1,48020	1,72690	1,97360	2,22030
Stickstoff	N Cl^3	0,88237	1,76474	2,64711	3,52948	4,41185	5,29422	6,17659	7,05896	7,94133
Strontium	Sr Cl^2	0,44715	0,89430	1,34145	1,78860	2,23575	2,68290	3,13005	3,57720	4,02435
Tantal	Ta Ȼl^3	0,36529	0,73058	1,09587	1,46116	1,82645	2,19174	2,55703	2,92232	3,28761
Tellur	Te Cl^2	0,35438	0,70876	1,06314	1,41752	1,77190	2,12628	2,48066	2,83504	3,18942
	Te Cl^4	0,52330	1,04660	1,56990	2,09320	2,61650	3,13980	3,66130	4,18640	4,70970
Thorium	Th Cl^2	0,37274	0,74548	1,11822	1,49096	1,86370	2,23644	2,60918	2,98192	3,35466
Titan	Ti Ȼl^2	0,74458	1,48916	2,23374	2,97832	3,72290	4,46748	5,21206	5,95664	6,70122
Uran	U Cl^2	0,14035	0,28070	0,42105	0,56140	0,70175	0,84210	0,98245	1,12280	1,26315
	U Cl^3	0,19671	0,39342	0,59013	0,78684	0,98355	1,18026	1,37697	1,57368	1,77039
Vanadin	V Ȼl^2	0,50846	1,01692	1,52538	2,03384	2,54230	3,05076	3,55922	4,06768	4,57614
Wasserstoff	H Cl^2	0,97258	1,94516	2,91774	3,89032	4,86290	5,83548	6,80806	7,78064	8,75322
Wismuth	Bi Ȼl^3	0,33293	0,66586	0,99879	1,33172	1,66465	1,99758	2,33051	2,66344	2,99637
Wolfram	W Ȼl^2	0,42799	0,85598	1,28397	1,71196	2,13995	2,56794	2,99593	3,42392	3,85191
	W Ȼl^3	0,52882	1,05764	1,58646	2,11528	2,64410	3,17292	3,70174	4,23056	4,75938
Yttrium	Y Cl^2	0,52416	1,04832	1,57248	2,09664	2,62080	3,14496	3,66912	4,19328	4,71744
Zink	Zn Cl^2	0,52330	1,04660	1,56990	2,09320	2,61650	3,13980	3,66310	4,18640	4,70970
Zinn	Sn Cl^2	0,37578	0,75156	1,12734	1,50312	1,87890	2,25468	2,63046	3,00624	3,38202
	Sn Cl^4	0,54628	1,09256	1,63884	2,18512	2,73140	3,27768	3,82396	4,37024	4,91652
Zircon	Zr Ȼl^3	0,61240	1,22480	1,83720	2,44960	3,06200	3,67440	4,28680	4,89920	5,51160

Digitized by Google

Tafel IV. Schwefelgehalt der Schwefelmetalle.

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Aluminium	Al^2S^3	0,63806	1,27612	1,91418	2,55224	3,19030	3,82836	4,46642	5,10448	5,74254
Antimon	Sb^2S^3	0,27229	0,54458	0,81687	1,08916	1,36145	1,63374	1,90603	2,17832	2,45061
	Sb^2S^4	0,33284	0,66568	0,99852	1,33136	1,66420	1,99704	2,32988	2,66272	2,99556
	Sb^2S^5	0,38409	0,76818	1,15227	1,53636	1,92045	2,30454	2,68863	3,07272	3,45681
Arsenik	$As^{12}S$	0,03444	0,06888	0,10332	0,13776	0,17220	0,20664	0,24108	0,27552	0,30996
	As^2S^2	0,29971	0,59942	0,89913	1,19884	1,49855	1,79826	2,09797	2,39768	2,69739
	As^2S^3	0,39097	0,78194	1,17291	1,56388	1,95485	2,34582	2,73679	3,12776	3,51873
	As^2S^5	0,51689	1,03378	1,55067	2,06756	2,58445	3,10134	3,61823	4,13512	4,65201
	As^2S^{18}	0,79389	1,58778	2,38167	3,17556	3,96945	4,76334	5,55723	6,35112	7,14501
Baryum	$Ba\ S$	0,19013	0,38026	0,57039	0,76052	0,95065	1,14078	1,33091	1,52104	1,71117
Beryllium	Be^2S^3	0,47652	0,95304	1,42956	1,90608	2,38260	2,85912	3,33564	3,81216	4,28868
Blei	Pb^4S	0,03740	0,07480	0,11220	0,14960	0,18700	0,22440	0,26180	0,29920	0,33660
	Pb^2S	0,07210	0,14420	0,21630	0,28840	0,36050	0,43260	0,50470	0,57680	0,64890
	$Pb\ S$	0,13450	0,26900	0,40350	0,53800	0,67250	0,80700	0,94150	1,07600	1,21050
Bor	$B\ S^2$ (?)	0,74739	1,49478	2,24217	2,98956	3,73695	4,48434	5,23173	5,97912	6,72651
Cadmium	$Cd\ S$	0,22403	0,44806	0,67209	0,89612	1,12015	1,34418	1,56821	1,79224	2,01627
Calcium	$Ca\ S$	0,44001	0,88002	1,32003	1,76004	2,20005	2,64006	3,08007	3,52008	3,96009
Cer	$Ce\ S^2$	0,41178	0,82356	1,23534	1,64712	2,05890	2,47068	2,88246	3,29424	3,70602
	$Ce\ S^3$	0,51221	1,02442	1,53663	2,04884	2,56105	3,07326	3,58547	4,09768	4,60989
Chrom	Cr^2S^3	0,46169	0,92338	1,38507	1,84676	2,30845	2,77014	3,23183	3,69352	4,15521

Digitized by Google

Tafel IV. **Schwefelgehalt der Schwefelmetalle.**

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Eisen	$Fe^8 S$	0,06901	0,13802	0,20703	0,27604	0,34505	0,41406	0,48307	0,55208	0,62109
	$Fe^2 S$	0,22870	0,45740	0,68610	0,91480	1,14350	1,37220	1,60090	1,82960	2,05830
	$Fe^2 S^2$	0,37227	0,74454	1,11681	1,48908	1,86135	2,23362	2,60589	2,97816	3,35043
	$Fe^2 S^3$	0,47077	0,94154	1,41231	1,88308	2,35385	2,82462	3,29539	3,76616	4,23693
	$Fe^2 S^4$	0,54256	1,08512	1,62768	2,17024	2,71280	3,25536	3,79792	4,34048	4,88304
Gold	$Au^2 S^3$	0,19534	0,39068	0,58602	0,78136	0,97670	1,17204	1,36738	1,56272	1,75806
Iridium	Jr S	0,14024	0,28048	0,42072	0,56096	0,70120	0,84144	0,98168	1,12192	1,26216
Kalium	K S	0,29109	0,58218	0,87327	1,16436	1,45545	1,74654	2,03763	2,32872	2,61981
	$K S^2$	0,45092	0,90184	1,35276	1,80368	2,25460	2,70552	3,15644	3,60736	4,05828
	$K S^3$	0,55194	1,10388	1,65582	2,20776	2,75970	3,31164	3,86358	4,41552	4,96746
	$K^2 S^7$	0,58968	1,17936	1,76904	2,35872	2,94840	3,53808	4,12776	4,71744	5,30712
	$K S^4$	0,62156	1,24312	1,86468	2,48624	3,10780	3,72936	4,35092	4,97248	5,59404
	$K^2 S^9$	0,64885	1,29770	1,94655	2,59540	3,24425	3,89310	4,54195	5,19080	5,83965
	$K S^5$	0,67246	1,34492	2,01738	2,68984	3,36230	4,03476	4,70722	5,37968	6,05214
Kiesel	$Si S^3$	0,68503	1,37006	2,05509	2,74012	3,42515	4,11018	4,79521	5,48024	6,16527
Kobalt	Co S	0,35282	0,70564	1,05846	1,41128	1,76410	2,11692	2,46974	2,82256	3,17538
	$Co^2 S^3$	0,44987	0,89974	1,34961	1,79948	2,24935	2,69922	3,14909	3,59896	4,04883
	$Co S^2$	0,52161	1,04322	1,56483	2,08644	2,60805	3,12966	3,65127	4,17288	4,69449
Kohle	$C S^2$	0,84035	1,68070	2,52105	3,36140	4,20175	5,04210	5,88245	6,72280	7,56315

Digitized by Google

Tafel IV. **Schwefelgehalt der Schwefelmetalle.**

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Kupfer	Cu^2 S	0,20267	0,40534	0,60801	0,81068	1,01335	1,21602	1,41869	1,62136	1,82403
	Cu S	0,33704	0,67408	1,01112	1,34816	1,68520	2,02224	2,35928	2,69632	3,03336
	Cu S^2	0,50116	1,00832	1,51248	2,01664	2,52080	3,02496	3,52912	4,03328	4,53744
	Cu S^3	0,60398	1,20796	1,81194	2,41592	3,01990	3,62388	4,22786	4,83184	5,43582
	Cu S^4	0,67035	1,34070	2,01105	2,68140	3,35175	4,02210	4,69245	5,36280	6,03315
	Cu S^5	0,71767	1,43534	2,15301	2,87068	3,58835	4,30602	5,02369	5,74136	6,45903
Lithium	L S	0,71213	1,42426	2,13639	2,84852	3,56065	4,27278	4,98491	5,69704	6,40917
Magnesium	Mg S	0,55954	1,11908	1,67862	2,23816	2,79770	3,35724	3,91678	4,47632	5,03586
Mangan	Mn S	0,36772	0,73544	1,10316	1,47088	1,83860	2,20632	2,57404	2,94176	3,30948
Molybdän	Mo S^2	0,40199	0,80398	1,20597	1,60796	2,00995	2,41194	2,81393	3,21592	3,61791
	Mo S^3	0,50207	1,00414	1,50621	2,00828	2,51035	3,01242	3,51449	4,01656	4,51863
	Mo S^4	0,57345	1,14690	1,72035	2,29380	2,86725	3,44070	4,01415	4,58760	5,16105
Natrium	Na S	0,40882	0,81764	1,22646	1,63528	2,04410	2,45292	2,86174	3,27056	3,67938
	Na S^2	0,58037	1,16074	1,74111	2,32148	2,90185	3,48222	4,06259	4,64296	5,22333
Nickel	Ni^2 S	0,21389	0,42778	0,64167	0,85556	1,06945	1,28334	1,49723	1,71112	1,92501
	Ni S	0,35240	0,70480	1,05720	1,40960	1,76200	2,11440	2,46680	2,81920	3,17160
Osmium	O S^2 (?)	0,24435	0,48870	0,73305	0,97740	1,22175	1,46610	1,71045	1,95480	2,19915
Palladium	Pd S	0,23202	0,46404	0,69606	0,92808	1,16010	1,39212	1,62414	1,85616	2,08818
Phosphor	P^2 S	0,33896	0,67792	1,01688	1,35584	1,69480	2,03376	2,37272	2,71168	3,05064
Platin	Pt S	0,14024	0,28048	0,42072	0,56096	0,70120	0,84144	0,98168	1,12192	1,26216
	Pt S^2	0,24598	0,49196	0,73794	0,98392	1,22990	1,47588	1,72186	1,96784	2,21382

Tafel IV.

Schwefelgehalt der Schwefelmetalle.

			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Quecksilber	H^2	S	0,07361	0,14722	0,22083	0,29444	0,36805	0,44166	0,51527	0,58888	0,66249
	Hg	S	0,13713	0,27426	0,41139	0,54852	0,68565	0,82278	0,95991	1,09704	1,23417
Rhodium	R	S (?)	0,23595	0,47190	0,70785	0,94380	1,17975	1,41570	1,65165	1,88760	2,12355
Selen	Se	S^2	0,44857	0,89714	1,34571	1,79428	2,24285	2,69142	3,13999	3,58856	4,03713
Silber	Ag	S	0,12955	0,25910	0,38865	0,51820	0,64775	0,77730	0,90685	1,03640	1,16595
Strontium	Sr	S	0,26878	0,53756	0,80634	1,07512	1,34390	1,61268	1,88146	2,15024	2,41902
Tantal	Ta	S^2	0,25856	0,51712	0,77568	1,03424	1,29280	1,55136	1,80992	2,06848	2,32704
Tellur	Te	S^2	0,33284	0,66568	0,99852	1,33136	1,66420	1,99704	2,32988	2,66272	2,99556
Thorium	Th	S	0,21263	0,42526	0,63789	0,85052	1,06315	1,27578	1,48841	1,70104	1,91367
Titan	Ti	S^2	0,56980	1,13972	1,70958	2,27944	2,84930	3,41916	3,98902	4,55888	5,12874
Uran	U	S	0,06907	0,13814	0,20721	0,27628	0,34535	0,41442	0,48349	0,55256	0,62163
Vanadin	V	S^2	0,31977	0,63954	0,95931	1,27908	1,59885	1,91862	2,23839	2,55816	2,87793
	V	S^3	0,41354	0,82708	1,24062	1,65416	2,06770	2,48124	2,89478	3,30832	3,72186
Wasserstoff	H^2	S	0,94159	1,88318	2,82477	3,76636	4,70795	5,64954	6,59113	7,53272	8,47431
Wismuth	Bi^2	S^3	0,18488	0,36976	0,55464	0,73952	0,92440	1,10928	1,29416	1,47904	1,66392
Wolfram	W	S^2	0,25375	0,50750	0,76125	1,01500	1,26875	1,52250	1,77625	2,03000	2,28375
	W	S^3	0,33777	0,67554	1,01331	1,35108	1,68885	2,02662	2,36439	2,70216	3,03993
Yttrium	Y	S	0,33360	0,66720	1,00080	1,33440	1,66800	2,00160	2,33520	2,66880	3,00240
Zink	Zn	S	0,33284	0,66568	0,99852	1,33136	1,66420	1,99704	2,32988	2,66272	2,99556
Zinn	Sn	S	0,21481	0,42962	0,64443	0,85924	1,07405	1,28886	1,50367	1,71848	1,93329
	Sn^2	S^3	0,29097	0,58194	0,87291	1,16388	1,45485	1,74582	2,03679	2,32776	2,61873
	Sn	S^2	0,35366	0,70732	1,06098	1,41464	1,76830	2,12196	2,47562	2,82928	3,18294
Zircon	Zr^2	S^3	0,41794	0,83588	1,25382	1,67176	2,08970	2,50764	2,92558	3,34352	3,76146

Digitized by Google

afel V. **Verhältnisse des Gegebenen zum Gesuchten und deren Multipla.**

Gegeben.	Gesucht.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1) $KO + SO^3$	KO	0,54067	1,08134	1,62201	2,16268	2,70335	3,24402	3,78469	4,32536	4,86603
2) KCl^2	KO	0,63257	1,26514	1,89771	2,53028	3,16285	3,79542	4,42799	5,06056	5,69313
3) $PtCl^4 + KCl^2$	KO	0,19334	0,38668	0,58002	0,77336	0,96670	1,16004	1,35338	1,54672	1,74006
4) $NaO + SO^3$	NaO	0,43819	0,87638	1,31457	1,75276	2,19095	2,62914	3,06733	3,50552	3,94371
5) $NaCl^2$	NaO	0,53289	1,06578	1,59867	2,13156	2,66445	3,19734	3,73023	4,26312	4,79601
6) $NaO + CO^2$	NaO	0,58576	1,17152	1,75728	2,34304	2,92880	3,51456	4,10032	4,68608	5,27184
7) $BaO + SO^3$	BaO	0,65628	1,31256	1,96884	2,62512	3,28140	3,93768	4,59396	5,25024	5,90652
8) $BaO + SO^3$	SO^3	0,34372	0,68744	1,03116	1,37488	1,71860	2,06232	2,40604	2,74976	3,09348
9) $BaCl^2$	BaO	0,73633	1,47266	2,20899	2,94532	3,68165	4,41798	5,15431	5,89064	6,62697
10) $F^3Ba^3 + F^6Si^2$	BaO	0,18297	0,36594	0,54891	0,73188	0,91485	1,09782	1,28079	1,46376	1,64673
11) $CaO + SO^3$	CaO	0,41532	0,83064	1,24596	1,66128	2,07660	2,49192	2,90724	3,32256	3,73788
12) $CaO + CO^2$	CaO	0,56292	1,12584	1,68876	2,25168	2,81460	3,37752	3,94044	4,50336	5,06628
13) $MgO + SO^3$	MgO	0,34015	0,68030	1,02045	1,36060	1,70075	2,04090	2,38105	2,72120	3,06135
14) $Mg^2O^2 + PO^5$	MgO	0,36671	0,73342	1,10013	1,46684	1,83355	2,20026	2,56697	2,93368	3,30039
15) $MnO + MnO^3$	$3MnO$	0,93044	1,86088	2,79132	3,72176	4,65220	5,58264	6,51308	7,44352	8,37396
16) dito	$1\frac{1}{7}MnO^3$	1,03478	2,06956	3,10434	4,13912	5,17390	6,20868	7,24346	8,27824	9,31302
17) dito	$3MnO^2$	1,13911	2,27822	3,41733	4,55644	5,69555	6,83466	7,97377	9,11288	10,25199
18) $MnO + SO^3$	MnO	0,47082	0,94164	1,41246	1,88328	2,35410	2,82492	3,29574	3,76656	4,23738
19) FeO^3	Fe	0,69339	1,38678	2,08017	2,77356	3,46695	4,16034	4,85373	5,54712	6,24051
20) FeO^3	FeO^2	0,89780	1,79560	2,69340	3,59120	4,48900	5,38680	6,28460	7,18240	8,08020
21) Fe	O^3	0,44220	0,88440	1,32660	1,76880	2,21100	2,65320	3,09540	3,53760	3,97980
22) O	FeO^3	8,78426	17,56852	26,35278	35,13704	43,92130	52,70556	61,48982	70,27408	79,05834
23) S	FeO^3	4,86380	9,72760	14,59140	19,45520	24,31900	29,18280	34,04660	38,91040	43,77420
24) Cl^2	FeO^3	2,21038	4,42076	6,63114	8,84152	11,05190	13,26228	15,47266	17,68304	19,89342
25) Au	$3FeO^3$	1,06004	2,12008	3,18012	4,24016	5,30020	6,36024	7,42028	8,48032	9,54036

Tafel VI.

Gewicht der Gase in Grammen bei 0° C. und 0m,76 B.

Kubikcentimeter.

	1000.	2000.	3000.	4000.	5000.	6000.	7000.	8000.	9000.
Aether	3,35278	6,70556	10,05834	13,41112	16,76390	20,11658	23,46946	26,82224	30,17502
Alkohol . . .	2,07917	4,15834	6,23751	8,31668	10,39585	12,47502	14,55419	16,63336	18,71253
Ammoniak . .	0,76802	1,53604	2,30406	3,07208	3,84010	4,60812	5,37614	6,14416	6,91218
Arsenik . . .	6,73269	13,46538	20,19807	26,93076	33,66345	40,39614	47,12883	53,86152	60,59121
Arsenikwasserstoff	3,50042	7,00084	10,50126	14,00168	17,50210	21,00252	24,50294	28,00336	31,50378
Bor	0,97388	1,94776	2,92164	3,89552	4,86940	5,84328	6,81716	7,79104	8,76492
Brom	7,00639	14,01278	21,01917	28,02556	35,03195	42,03834	49,04473	56,05112	63,05751
Bromwasserstoff	3,54788	7,09576	10,64364	14,19152	17,73940	21,28728	24,83516	28,38304	31,93092
Chlor	3,17017	6,34034	9,51051	12,68068	15,85085	19,02102	22,19119	25,36136	28,53153
Chlorwasserstoff	1,62977	3,25954	4,88931	6,51908	8,14885	9,77862	11,40839	13,03816	14,66793
Cyan	2,36275	4,72550	7,08825	9,45100	11,81375	14,17650	16,53925	18,90200	21,26475
Cyanwasserstoff	1,22606	2,45212	3,67818	4,90424	6,13030	7,35636	8,58242	9,80848	11,03454
Fluor	1,67443	3,34886	5,02329	6,69772	8,37215	10,04658	11,72101	13,39544	15,06987
Fluorwasserstoff	0,88190	1,76380	2,64570	3,52760	4,40950	5,29140	6,17330	7,05520	7,93710
Jod	11,30340	22,60680	33,91020	45,21360	56,51700	67,82040	79,12380	90,42720	101,73060
Jodwasserstoff .	5,69639	11,39278	17,08917	22,78556	28,48195	34,17834	39,87473	45,57112	51,26751
Kiesel	1,32483	2,64966	3,97449	5,29932	6,62415	7,94898	9,27381	10,59864	11,92347
Kohle	1,094850	2,189700	3,284550	4,379400	5,47425	6,56910	7,66395	8,75880	9,85365

Digitized by Google

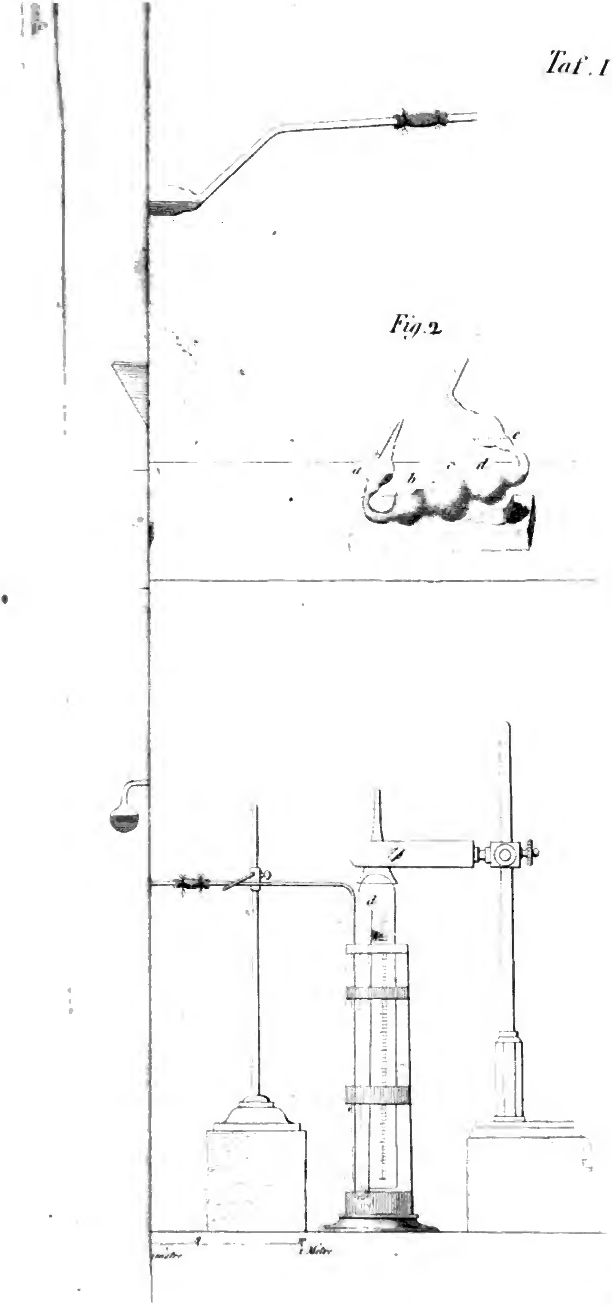
Tafel VI.

Gewicht der Gase in Grammen bei 0° C. und 0m,76 B.

	Kubikcentimeter.								
	1000.	2000.	3000.	4000.	5000.	6000.	7000.	8000.	9000.
Kohlenoxyd . .	1,26360	2,52720	3,79080	5,05440	6,31800	7,58160	8,84520	10,10880	11,37240
Kohlensäure . .	1,97978	3,95956	5,93934	7,91912	9,89890	11,87868	13,85846	15,83824	17,81802
Kohlenwasserst. (1)	0,72619	1,45238	2,17857	2,90476	3,63095	4,35714	5,08333	5,80952	6,53571
Kohlenwasserst. (2)	1,27361	2,54722	3,82083	5,09444	6,36805	7,64166	8,91527	10,18888	11,46249
Phosphor . . .	2,80965	5,61930	8,42895	11,23860	14,04825	16,85790	19,66755	22,47720	25,28685
Phosphorwasserst.	1,53889	3,07778	4,61667	6,15556	7,69445	9,23334	10,77223	12,31112	13,85001
Quecksilber . .	9,06557	18,13114	27,19671	36,26228	45,32785	54,39342	63,45899	72,52456	81,59013
Sauerstoff . . .	1,43236	2,86472	4,29708	5,72944	7,16180	8,59416	10,02652	11,45888	12,89124
Schwefel . . .	2,88141	5,76282	8,64423	11,52564	14,40705	17,28846	20,16987	23,05128	25,93369
Schweflige Säure	2,87306	5,74612	8,61918	11,49224	14,36530	17,23836	20,11142	22,98448	25,85754
Schwefelwasserst.	1,53008	3,06016	4,59024	6,12032	7,65040	9,18048	10,71056	12,24064	13,77072
Stickstoff . . .	1,26790	2,53580	3,80370	5,07160	6,33950	7,60740	8,87530	10,14320	11,41110
Stickstoffoxyd .	1,35013	2,70026	4,05039	5,40052	6,75065	8,10078	9,45091	10,80104	12,15117
Stickstoffoxydul .	1,98408	3,96816	5,95224	7,93632	9,92040	11,90448	13,88856	15,87264	17,85672
Titan	4,34988	8,69976	13,04964	17,39952	21,74940	26,09928	30,44916	34,79904	39,14892
Wasser . . .	0,80556	1,61112	2,41668	3,22224	4,02780	4,83336	5,63892	6,44448	7,25004
Wasserstoff . .	0,08938	0,17876	0,26814	0,35752	0,44690	0,53628	0,62566	0,71504	0,80442
Zinn	10,53210	21,06420	31,59630	42,12840	52,66050	63,19260	73,72470	84,25680	94,78890

Digitized by Google

Taf. I.



Digitized by Google

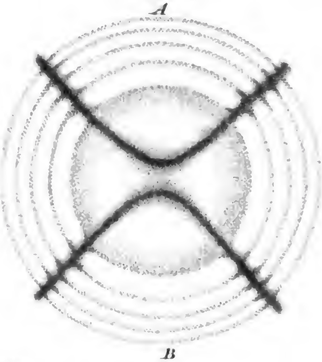
Digitized by Google

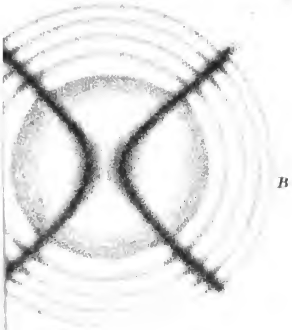
Digitized by Google

Digitized by Google

Taf. III.

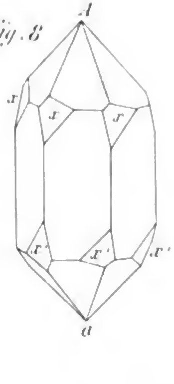
Fig. 4

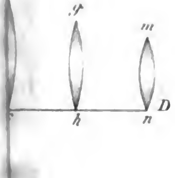




7

Fig. 8





Digitized by Google

Digitized by Google

Taf. V.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 2.

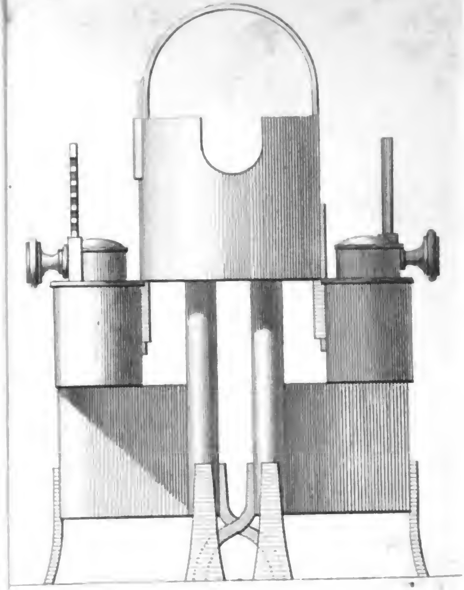


Fig. 5.

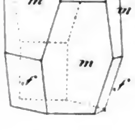
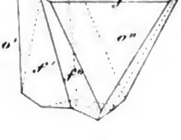


Fig. 6.



Ann. d. Phys. u. Chem. 21 B. 4 H.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

OCT 16 1928

Digitized by Google